



**TECNO
INGENIERIA**

Liderando la innovación y
vanguardia en automatización.

*¿Por qué y cómo mitigar armónicos
&
compensar adecuadamente la
energía reactiva ?*



TOL®



An **Allied Motion** Company



***¿Por qué y cómo mitigar armónicos
&
compensar adecuadamente la energía reactiva ?***



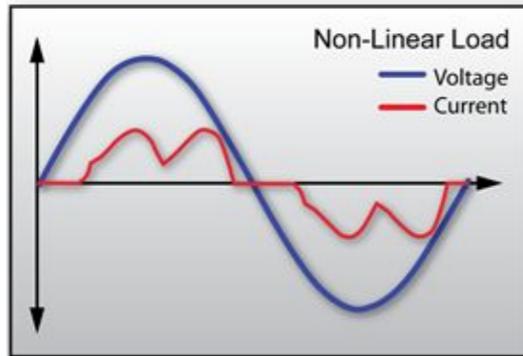
Indice

- *¿Qué son los armónicos? ¿Quiénes los generan? ¿Cómo distorsionan los VFDs? Espectro armónico.*
- *Síntomas y efectos de las armónicas.*
- *Sobre carga, THDi, Resonancia & Factor de Potencia Real - PFtrue*
- *Mitigación: Razones Técnicas - Beneficios - Justificación Económica*
- *¿Cuáles son las normas y qué dicen?*
- *¿Cómo mitigar los armónicos, transitorios de baja intensidad, ruido de alta frecuencia y onda reflejada ?*
- *Consideraciones prácticas.*
- *Sistema de Distribución Típico.*
- *Reactores de línea.*
 - *Bloqueo de Transitorios.*
 - *Filtro pasivo de armónicos.*
 - *IoT con PQ-Connect.*
 - *Filtro de armónicos activo.*
 - *Software para dimensionamiento.*
- *Reglas prácticas.*
- *Soluciones para protección de motores, cables & bancos de condensadores.*
 - *Reactancia de rechazo.*
 - *Bancos de condensadores desintonizados.*
 - *Onda reflejada y soluciones.*
 - *Familia de Productos.*
 - *Garantía de Productos.*



¿Qué son los armónicos, quiénes los generan?

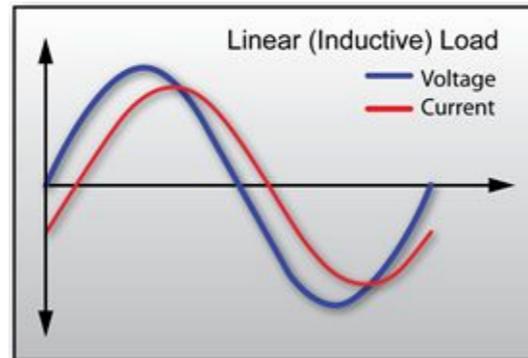
Onda de corriente, distorsionada por armónicos generados por rectificador de 6 pulsos.



Cargas No Lineales

(Este tipo cargas cada vez son más abundantes)

Ondas de tensión y corriente, libres de armónicos.



Cargas Lineales

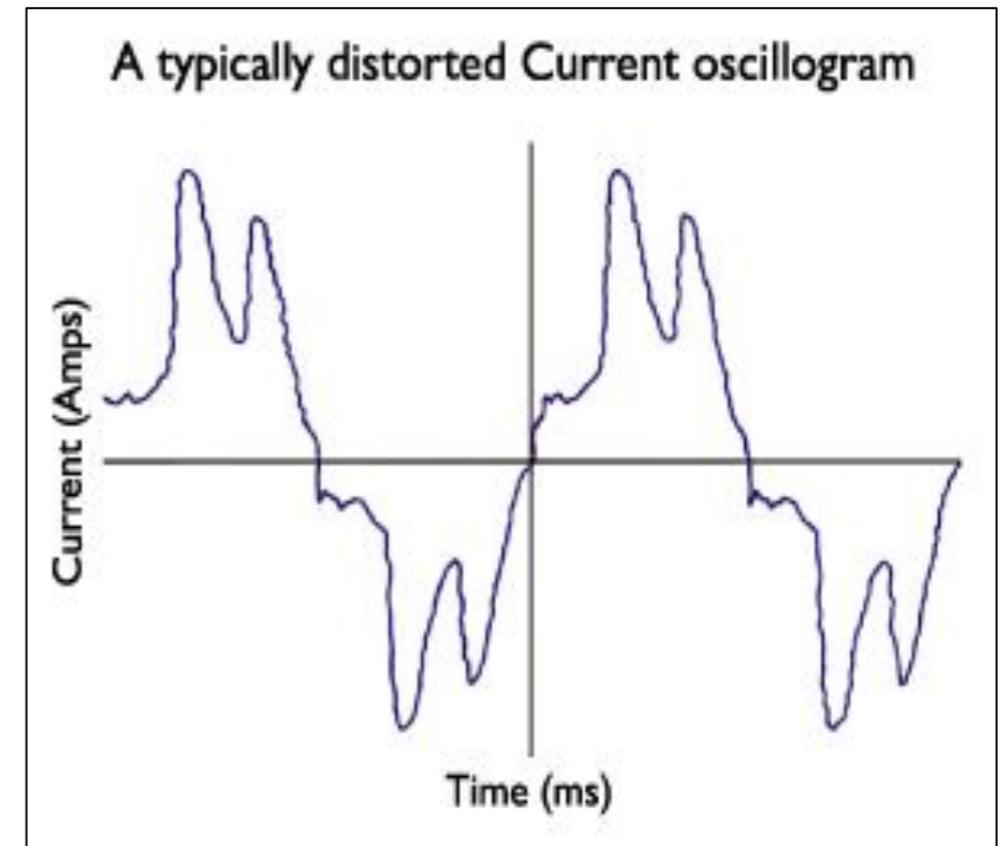
Definición. RAE. Fís. En una onda periódica, cualquiera de sus componentes sinusoidales cuya frecuencia sea un múltiplo entero de la frecuencia fundamental.



Distorsión armónica generada por variadores de velocidad



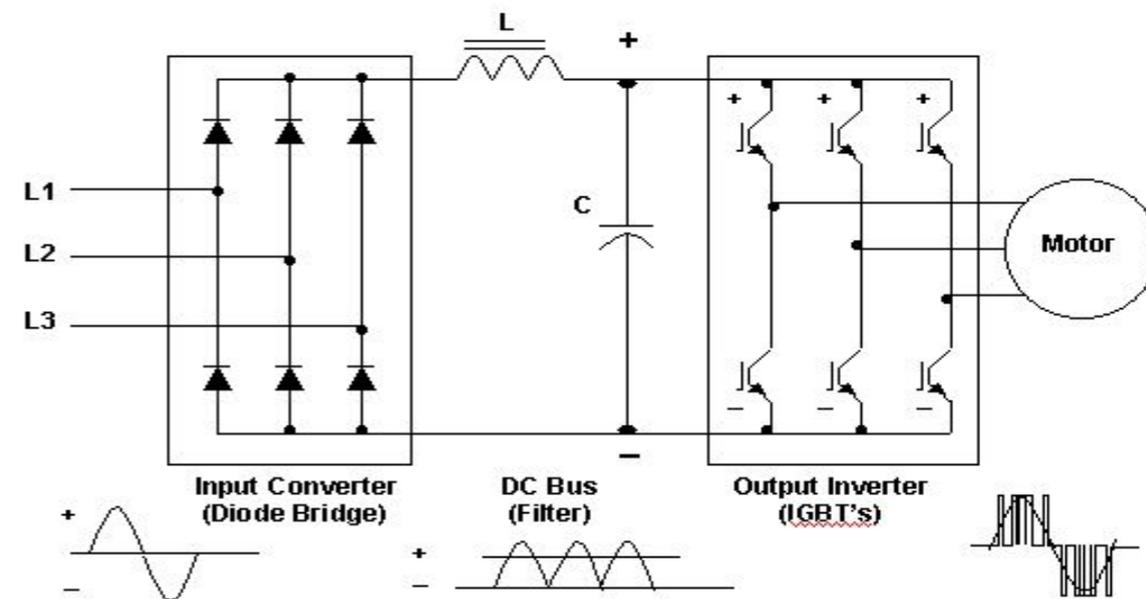
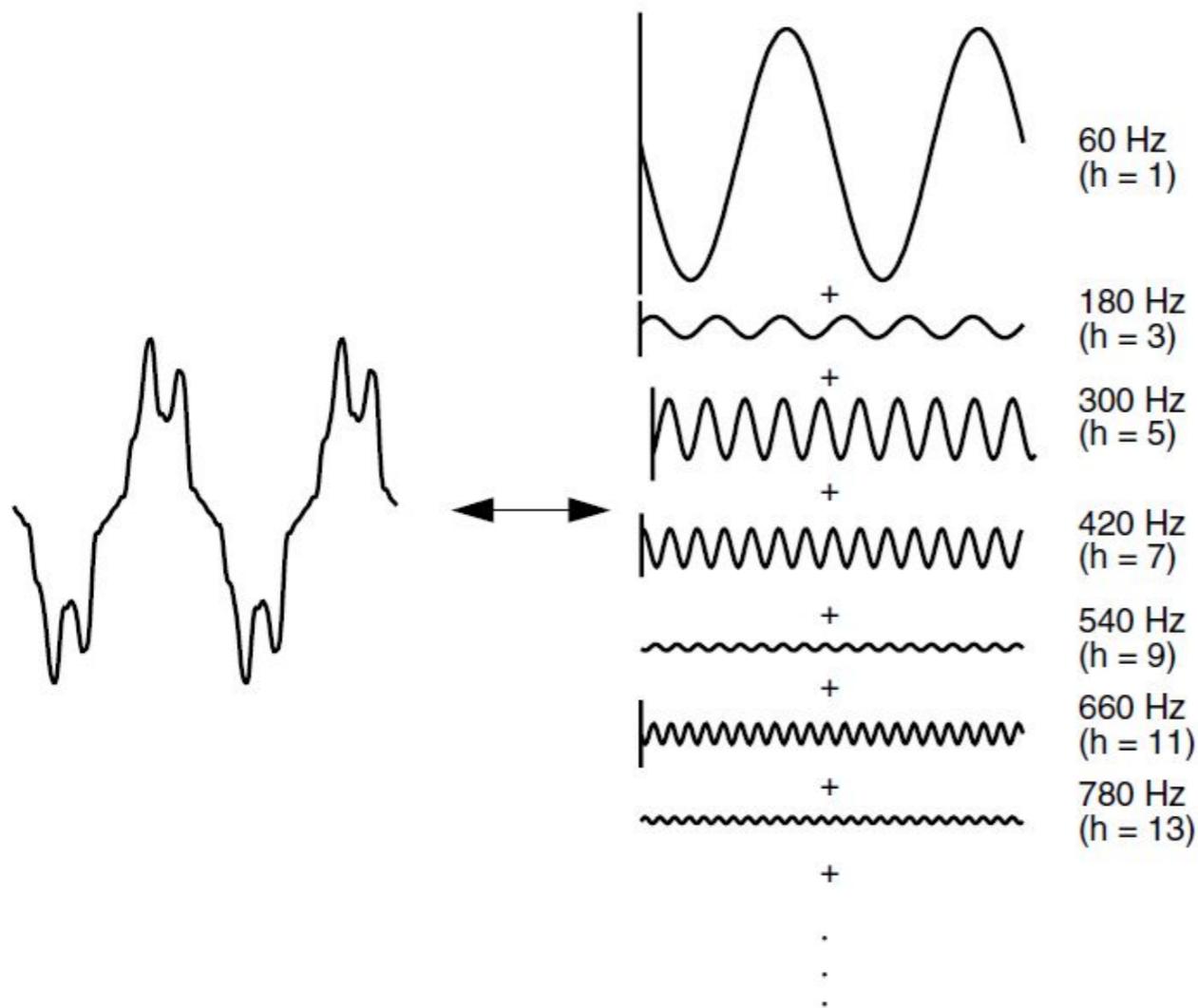
Los variadores de frecuencia tienen distorsiones típicas de THDi entre 35% y 80%



Los VFDs son, típicamente, los más grandes contribuyentes de armónicos.



¿Cómo distorsionan los VFDs?

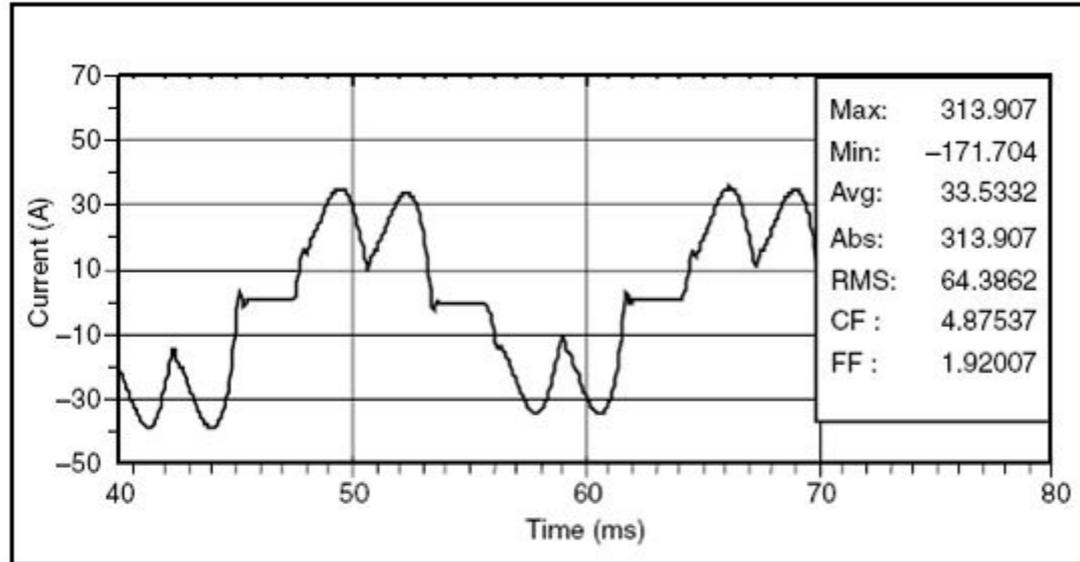


Rectificador de 6 Pulsos en un VDF

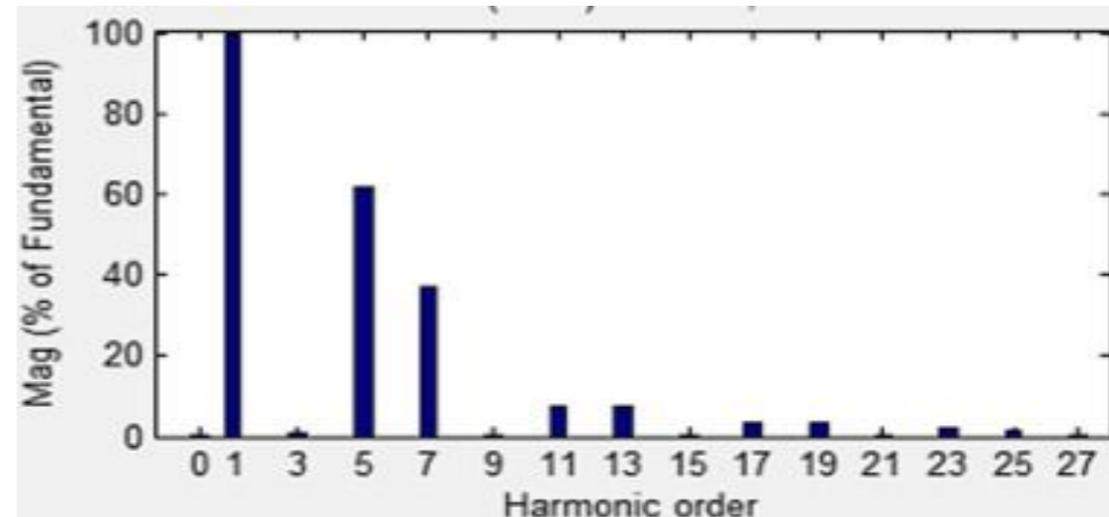
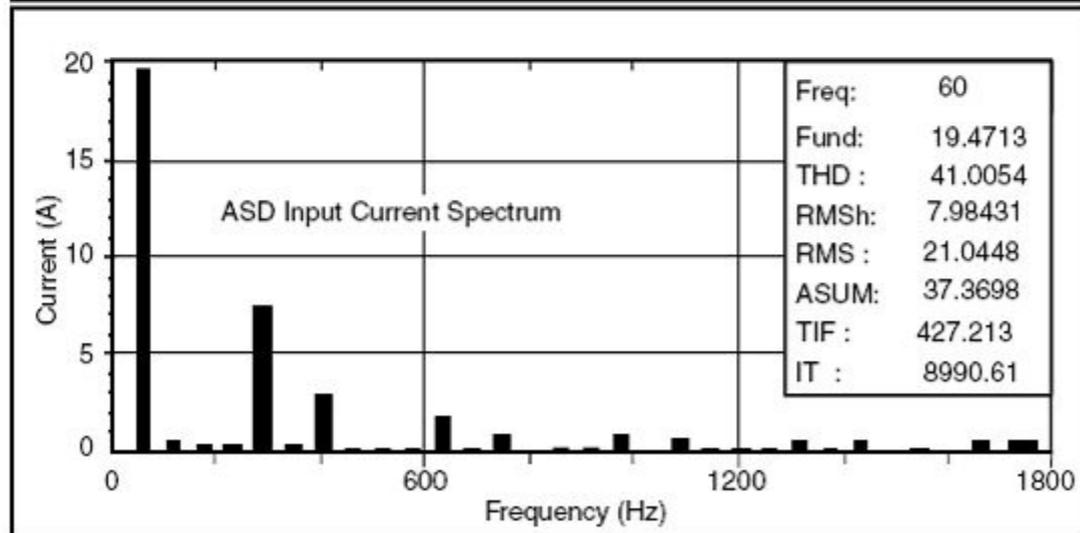
Descomposición de onda distorsionada en onda fundamental y ondas armónicas



VFDs - Espectro armónico



Harmonic Number	Frequency
5th	300Hz
7th	420Hz
11th	660Hz
13th	780Hz
17th	1020Hz
19th	1140Hz
23rd	1380Hz
25th	1500Hz





IEEE519 PQ Definitions

1. Transients

2. Interruptions

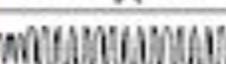
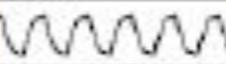
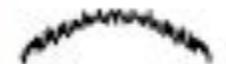
3. Sag (Undervoltage)

4. Swell (Overvoltage)

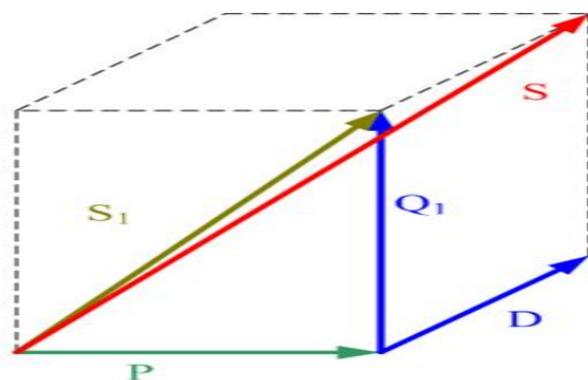
5. Waveform Distortion

6. Voltage Fluctuations

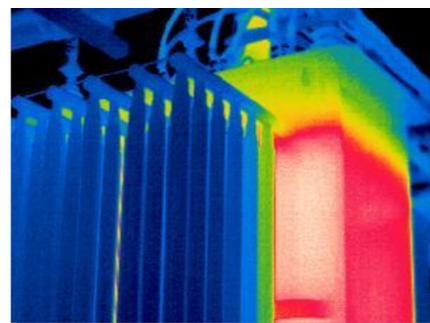
7. Frequency Variations

Disturbance category	Wave form	Effects	Possible causes	Possible solutions
1. Transients				
Impulsive		Loss of data, possible damage, system halts	Lightning, ESD, switching impulses, utility fault clearing	TVSS, maintain humidity between 35 – 50%
Oscillatory		Loss of data, possible damage	Switching of inductive/capacitive loads	TVSS, UPS, reactors/chores, zero crossing switch
2. Interruptions				
Interruption		Loss of data possible, damage shutdown	Switching, utility faults, circuit breaker tripping, component failure	UPS
3. Sag / undervoltage				
Sag		System halts, loss of data, shutdown	Startup loads, faults	Power conditioner, UPS
Under voltage		System halts, loss of data, shutdown	Utility faults, load changes	Power conditioner, UPS
4. Swell / overvoltage				
Swell		Nuisance tripping, equipment derating/reduced life	Load changes, utility faults	Power conditioner, UPS, ferroresonant "buffered" load centers
Overvoltage		Equipment derating/reduced life	Load changes, utility faults	Power conditioner, UPS, ferroresonant "buffered" load centers
5. Waveform distortion				
DC offset		Transformer heated, ground fault current, nuisance tripping	Faulty rectifiers, power supplies	Troubleshoot and replace defective equipment
Harmonics		Transformer heated, system halts	Electronic loads (non-linear loads)	Reconfigure distribution, install inductor transformers, use PFC power supplies
Interharmonics		Light flicker, heating, communication interference	Control signals, faulty equipment, cycloconverters, frequency converters, induction motors, arcing devices	Power conditioner, filters, UPS
Notching		System halts, data loss	Variable speed drives, arc welders, light dimmers	Reconfigure distribution, relocate sensitive loads, install filters, UPS
Noise		System halts, data loss	Transmitters (radio), faulty equipment, ineffective grounding, proximity to EMIRFI source	Remove transmitters, reconfigure grounding, moving away from EMIRFI source, increase shielding filters, isolation transformers
Voltage fluctuations		System halts, data loss	Transmitters (radio), faulty equipment, ineffective grounding, proximity to EMIRFI source	Reconfigure distribution, relocate sensitive loads, power conditioner, UPS
Power frequency variations		System halts, light flicker	Intentional operation of load equipment	Reconfigure distribution, relocate sensitive loads, power conditioner, UPS

Síntomas y efectos de la presencia de armónicos



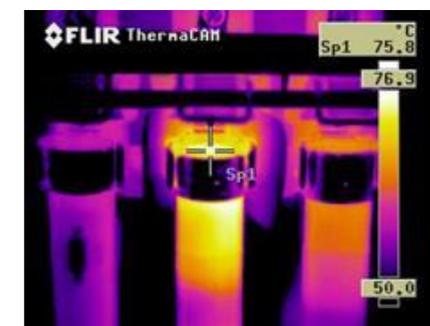
Bajo factor de potencia



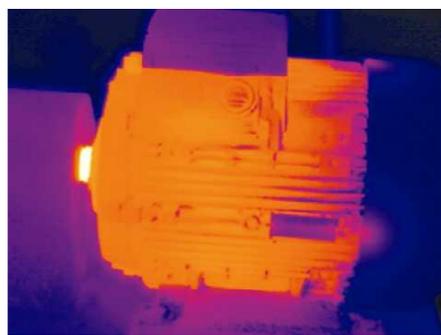
Sobrecalentamiento ó falla en Transformadores



Disparo de Circuit Breakers



Apertura de Fusibles



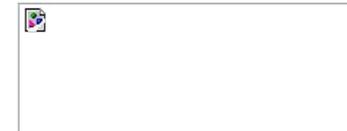
Sobrecalentamiento ó falla en motores



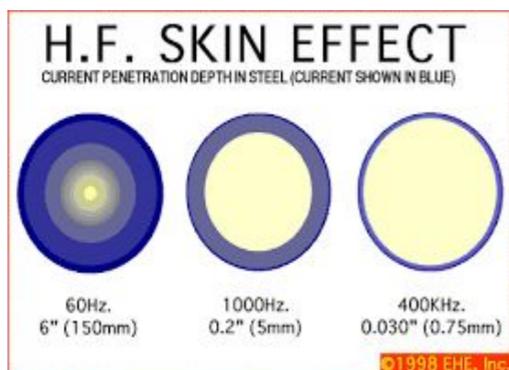
Disparo de Generadores



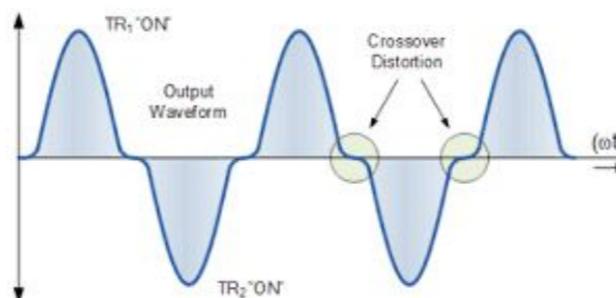
Falla en Condensadores



Síntomas y efectos de la presencia de armónicos



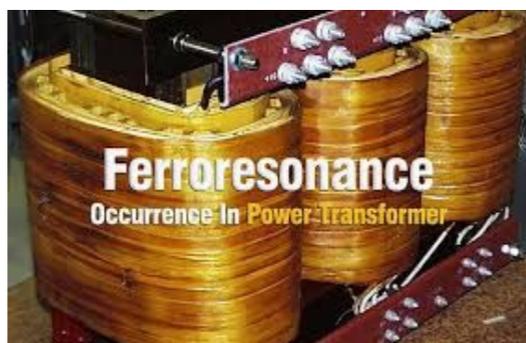
Efecto Piel



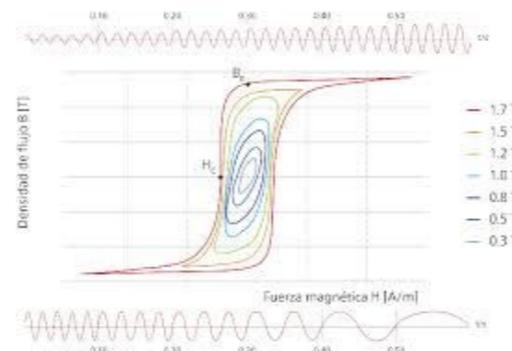
Distorsión del cruce por cero

h	1	2	3	4	5	6	7
Sec	+	-	0	+	-	0	+
h	8	9	10	11	12	13	14
Sec	-	0	+	-	0	+	-
h	15	16	17	18	19	20	21
Sec	0	+	-	0	+	-	0

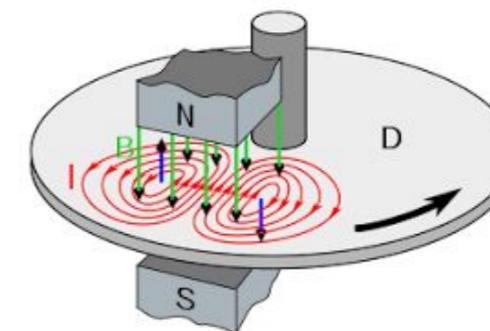
Secuencia Negativa



Ferroresonancia en Transformadores



Histéresis

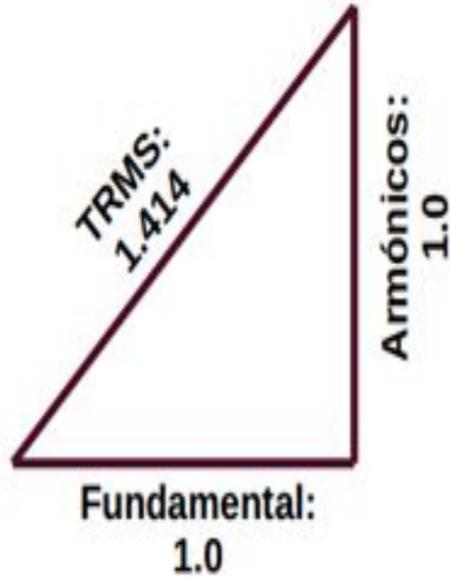


Corrientes Eddy



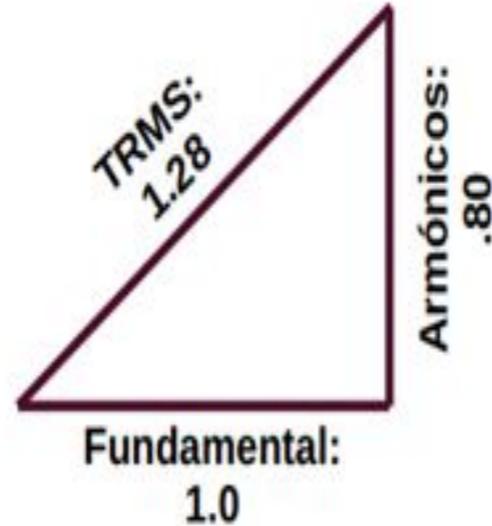
***Sobre carga - THDi, Resonancia
&
Factor de Potencia Real - PFtrue***

Distorsión armónica efecto sobre la corriente rms



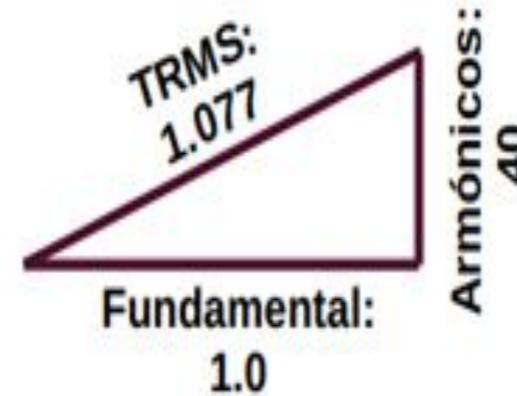
100% THDi

Una distorsión de 100% del THDi ocasiona un incremento de 41% de la corriente RMS



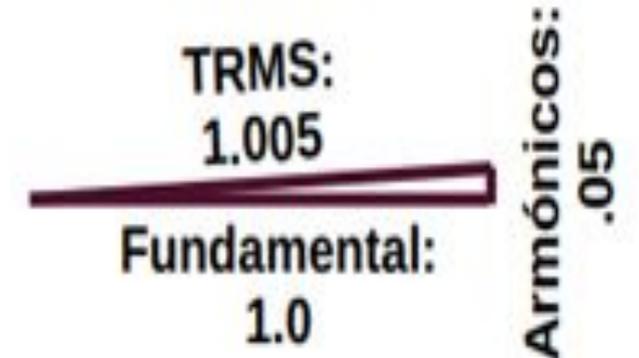
80% THDi

Ejemplo: Variador sin reactor o Dc choke



40% THDi

Ejemplo: Variador con reactor en la entrada o Dc choke



5% THDi

Ejemplo: Variador + filtro pasivo TCI HGP - Harmonic Pasive Guard

¿Qué es la distorsión armónica total - THD? THD es una medida de la distorsión armónica presente y se define como la relación entre la suma de las potencias de todos los componentes armónicos y la potencia de la frecuencia fundamental.

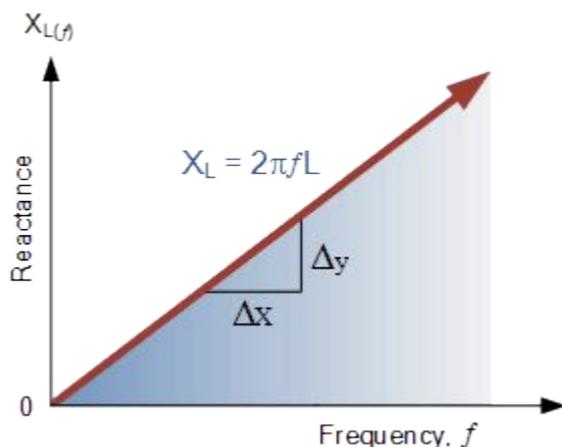
$$THD = \sqrt{\sum_{n=2}^{n_{\max}} \left(\frac{I_{(n)}}{I_{(1)}}\right)^2} \cdot 100\%$$



Efecto de la frecuencia en componentes eléctricos - Resonancia Serie

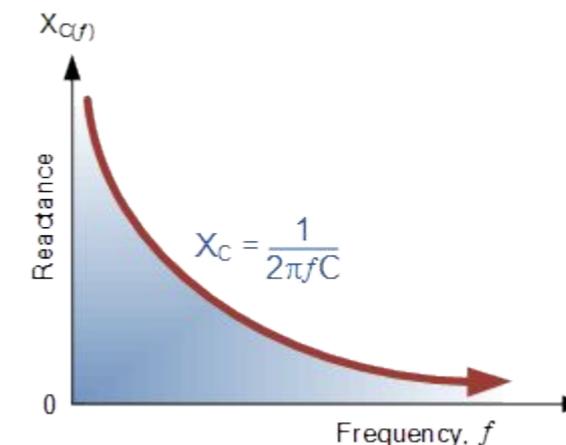
Carga Inductiva.

La reactancia inductiva Aumenta en relación a la frecuencia de forma proporcional.



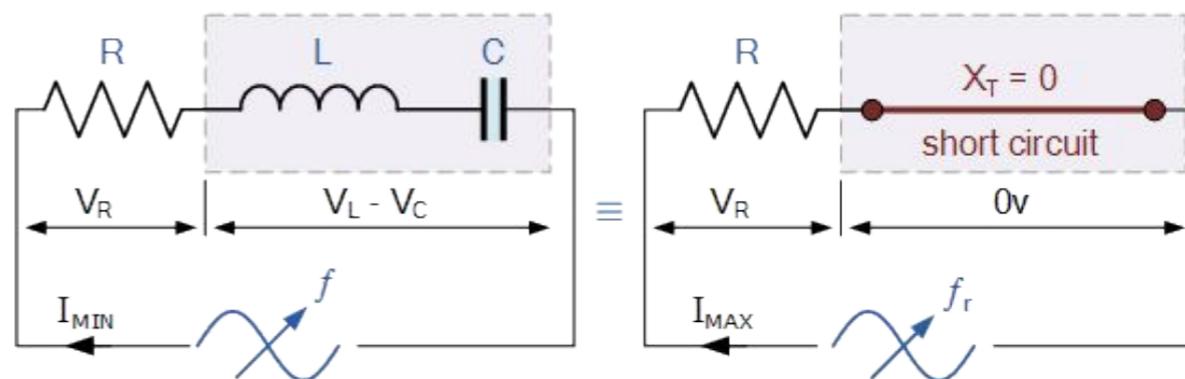
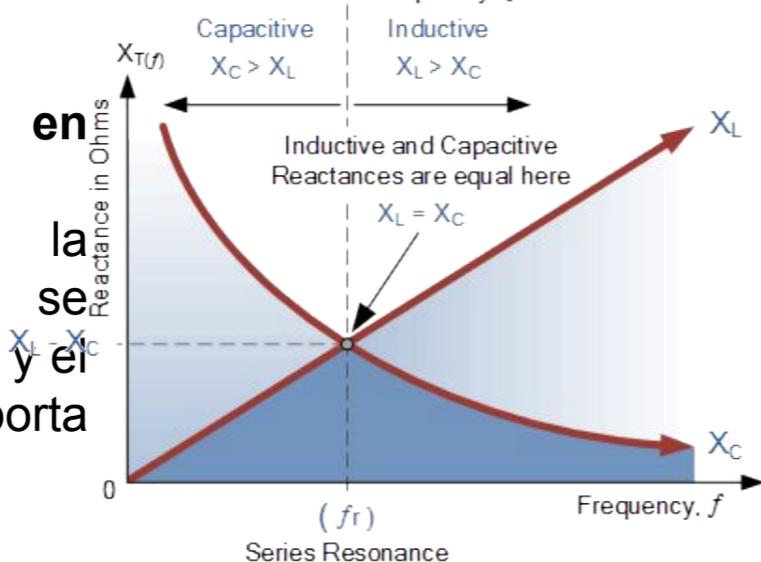
Carga Capacitiva.

La reactancia capacitiva Disminuye en relación a la frecuencia de forma hiperbólica.



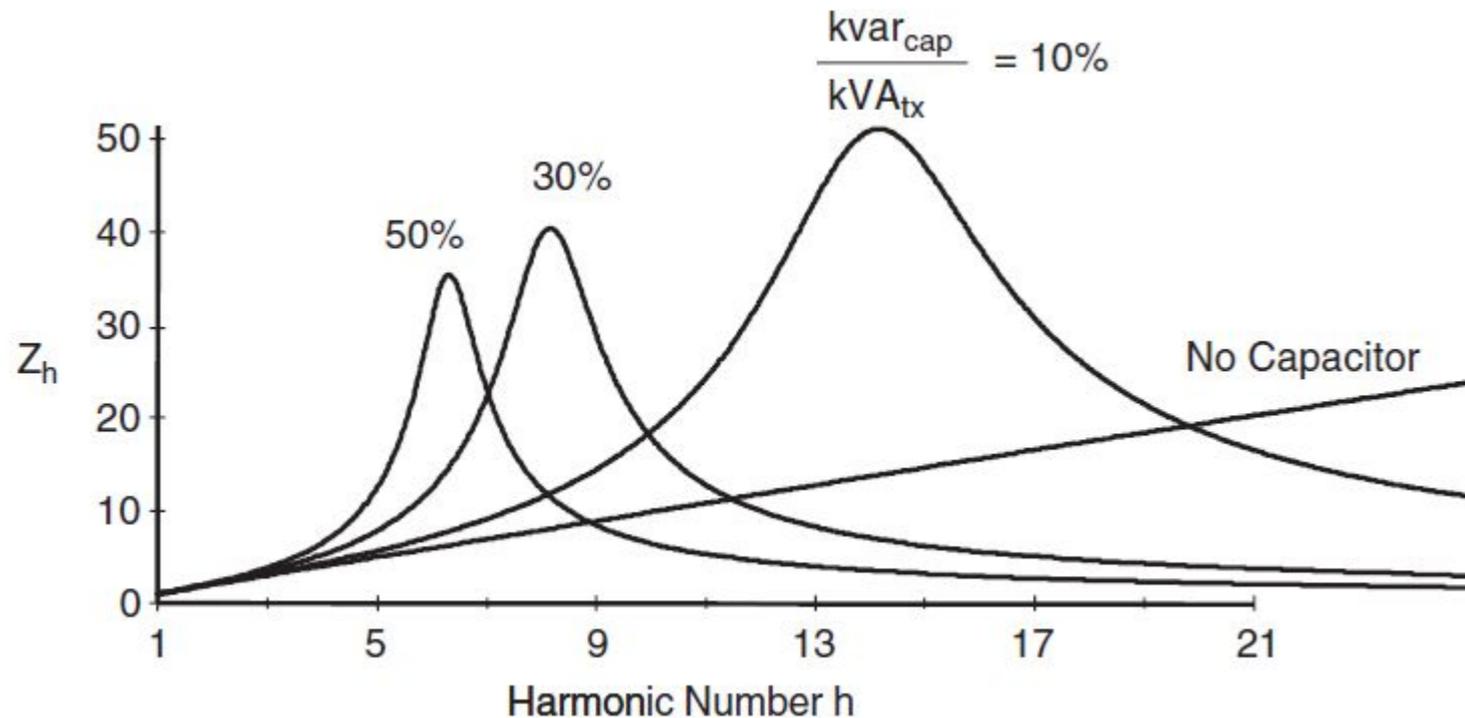
Comportamiento en Resonancia.

En resonancia la reactancia inductiva se anula con la capacitiva y el circuito se comporta netamente resistivo.





Bancos de compensación y su efecto sobre la frecuencia de resonancia



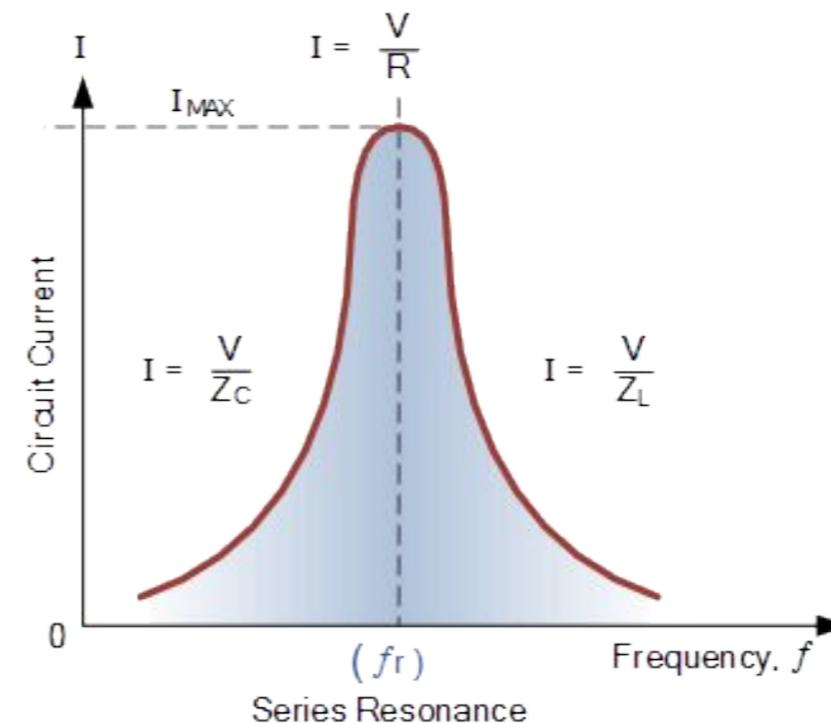
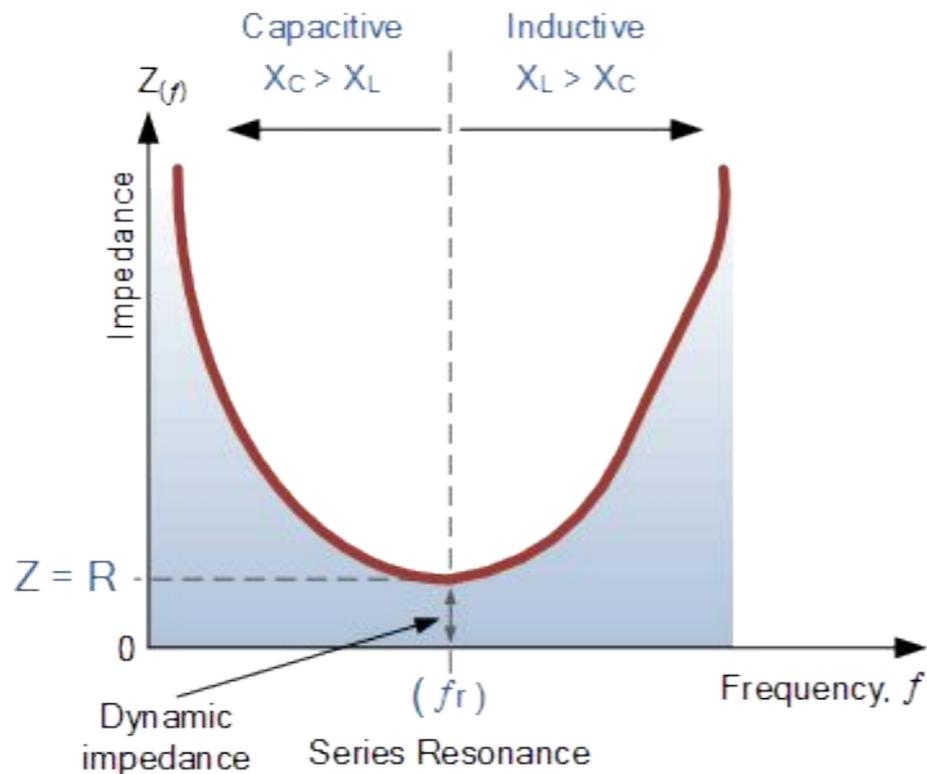
$$h_r \approx \sqrt{\frac{\text{kVA}_{\text{tx}} \times 100}{\text{kvar}_{\text{cap}} \times Z_{\text{tx}} (\%)}}$$

$$h_r \approx \sqrt{\frac{1500 \times 100}{500 \times 6}} = 7.07$$

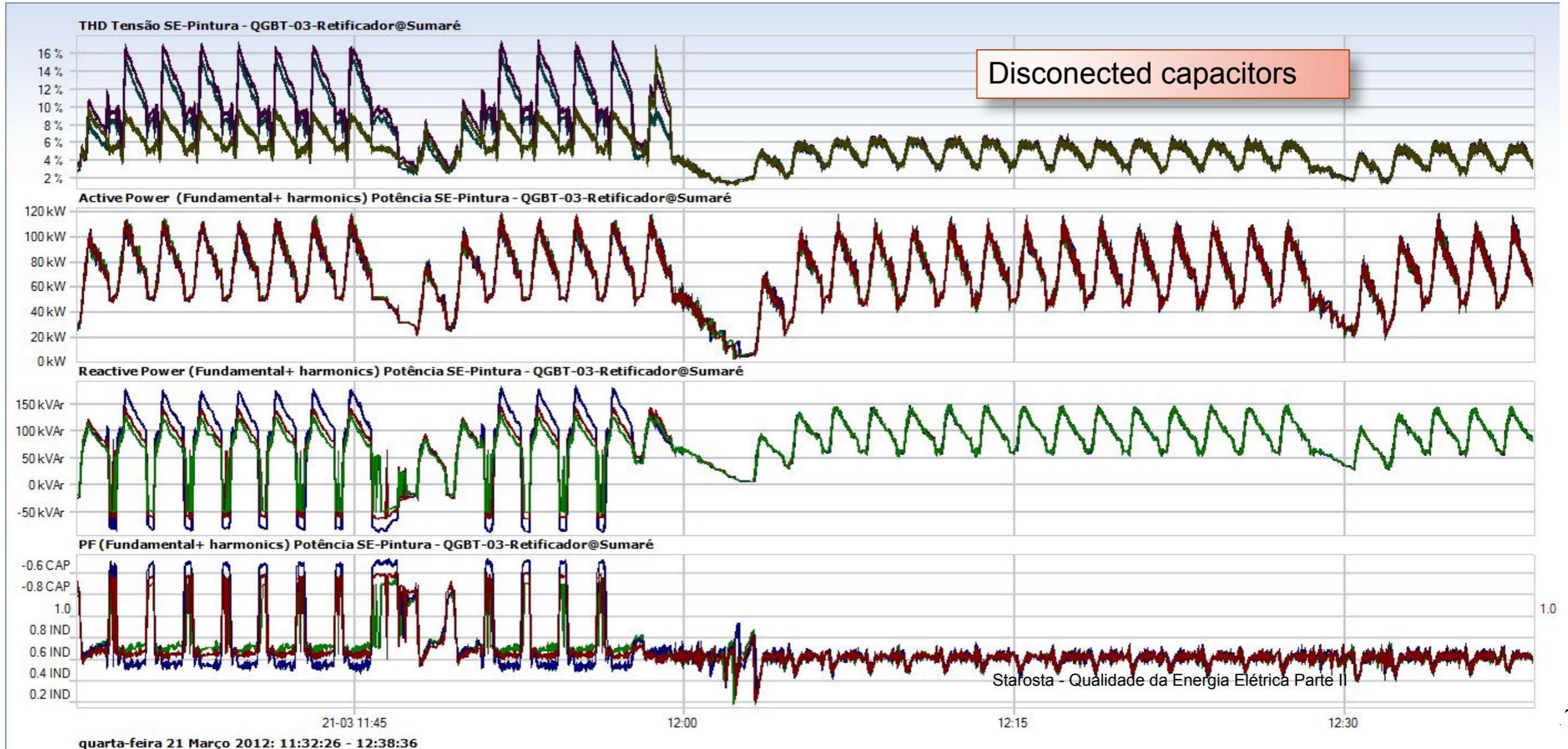


¿Cómo influye el incremento de carga inductiva o capacitiva?

La frecuencia de resonancia varía de acuerdo al incremento de carga, al incrementar carga inductiva la frecuencia de resonancia aumenta y al aumentar carga capacitiva esta disminuye, también se observa el comportamiento de la corriente en resonancia.



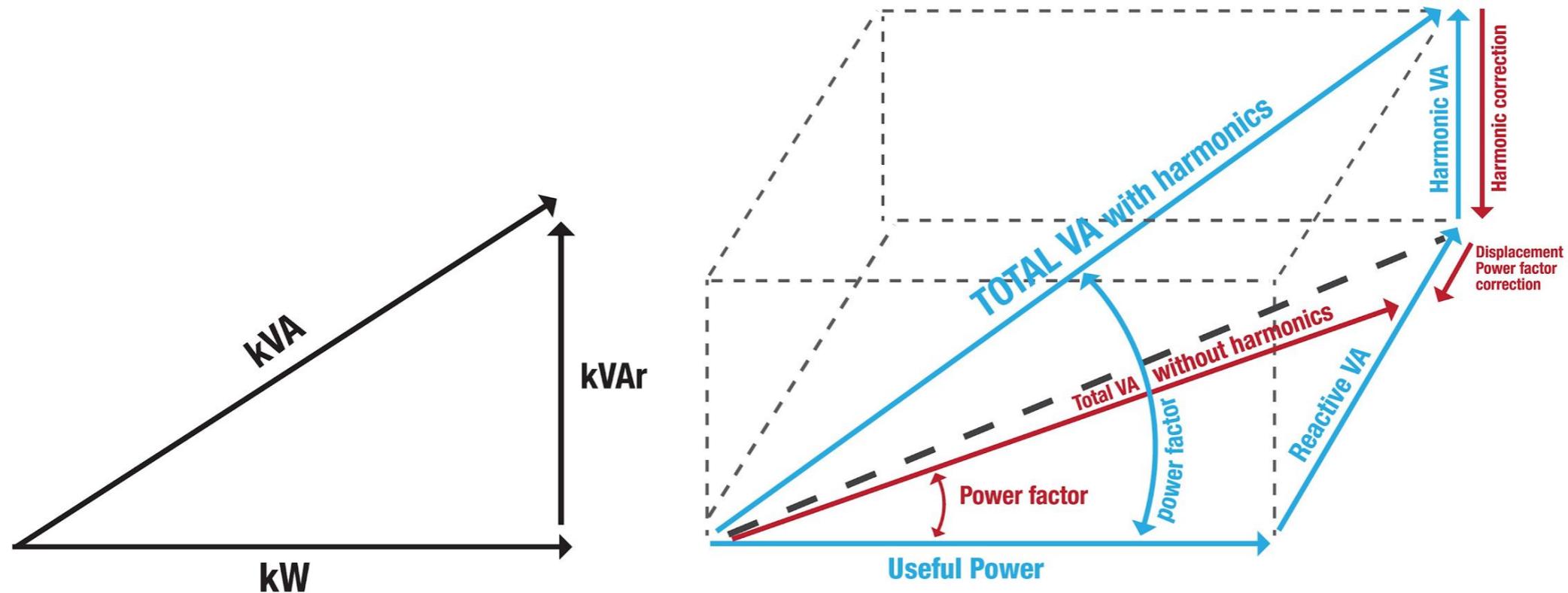
Un efecto grave: Resonancia eléctrica





Factor de Potencia Real - PF_{True}

Cubo de Potencias





¿Cómo determino el PF_{True} ?

Factor de Potencia por Desplazamiento de onda, es aquel que se genera por el uso de cargas reactivas (Inductivas y Capacitivas)

$$DispPF = \frac{P}{S}$$

Factor de Potencia Armónico, es aquel que se genera por el uso de cargas no lineales, tal como el uso de rectificadores o semiconductores de potencia.

$$DistPF = \frac{1}{\sqrt{1 + THD^2}}$$

$$PF_{True} = DispPF_x DistPF$$

$$pf_{true} \approx \frac{P_{avg1}}{V_{lrms} I_{lrms}} \cdot \frac{1}{\sqrt{1 + (THD_1 / 100)^2}} = pf_{disp} \cdot pf_{dist}$$



PFTrue en una instalación típica

Los Armónicos en las instalaciones eléctricas son muy comunes, existen valores típicos de THDi superiores a 40%, estos tienen un impacto en el factor de potencia como se muestra a continuación, tendremos algunos valores típicos para el cálculo del factor de potencia real.

Potencia Activa = 100kW
Potencia Aparente = 110KVA
THDi = 40%

$$DispPF = \frac{P}{S} = \frac{100kW}{110KVA}$$

$$DispPF = 90.09\%$$

$$DistPF = \frac{1}{\sqrt{1 + THD^2}}$$

$$DistPF = \frac{1}{\sqrt{1 + 40\%^2}} = 92.80\%$$

$$***PFTrue = DispPF_x DistPF***$$

$$***PFTrue = 90.09\%_x 92.80\% = 84.36\%***$$

****Existen distintos tipos de formas de corregir el factor de potencia, pero en caso de tener variadores dentro de una instalación, estos deben ser tomados en cuenta para una correcta compensación.***



Ejemplo de cálculo del Factor de Distorsión - *DistPF* y el *THDi*

Especificaciones reales VFD

General tech. specifications	
Power factor λ	0.95
Offset factor $\cos \phi$	0.99
Efficiency η	0.98
Sound pressure level (1m)	68 dB
Power loss	2.31 kW

DistPF = ??? (Factor de Potencia de Distorsión - DistPF)
DispPF = 0.99 (Factor de Potencia de Desplazamiento - Cos ϕ)
PF = 0.95 (Factor de Potencia)

$$PF_{True} = DispPF_x DistPF$$

Despejamos el Factor de Distorsión de la fórmula de Factor de potencia real y utilizamos los datos de placa del variador.

$$DistPF = \frac{95\%}{99\%} \quad DistPF = 96\%$$

$$THDi = \sqrt{\frac{1 - DistPF^2}{DistPF^2}}$$

$$THDi = \sqrt{\frac{1 - 0.96^2}{0.96^2}} \quad THDi = 29.2\%$$



¿Cómo impacta en el PFT_{true} limitar el valor armónico al 5% de THD_i ?

Factor de potencia y Desplazamiento de FP

General tech. specifications	
Power factor λ	0.95
Offset factor $\cos \varphi$	0.99
Efficiency η	0.98
Sound pressure level (1m)	68 dB
Power loss	2.31 kW

$DispPF = 0.99$
 $DistPF = ??$
 $PF(2) = ??$
 $THD_i = 5\%$

Utilizando la fórmula vista anteriormente y limitando el THD_i a un 5% vemos como mejora el factor de distorsión ($DistPF$) a prácticamente la unidad y por lo tanto mejora el factor potencia real PFT_{true} a 98.9%.

$$DistPF = \frac{1}{\sqrt{1+5\%^2}} = 99.9\%$$

$$PFT_{true} = DispPF_x DistPF$$

$$PFT_{true} = 99\%_x 99.9\% = 98.9\%$$



Mitigación de Armónicos

Razones Técnicas

Beneficios

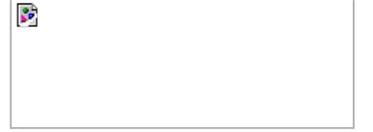
Justificación Económica



Razones Técnicas

Causas y efectos perjudiciales sobre las instalaciones y el sistema:

- Empobrecimiento del factor de potencia. Una distorsión (THDi) de 60% ocasiona una caída adicional de 15% del factor de potencia. Lo cual podría conllevar incluso a pagar penalidades económicas.
- Resonancia serie/paralelo. Este fenómeno eléctrico ocasiona graves daños en los componentes RLC (Reactores, inductores y condensadores) del sistema.
- Sobre costos ocasionados por el Efecto piel y Potencia Total Aparente, a la mayor frecuencia de las corrientes armónicas, lo que obliga a sobredimensionar transformadores y conductores. Lo cual significa un mayor costo de inversión o adquisición de los activos (Capex).
- Debido a las mayores pérdidas disminuye la capacidad nominal del sistema, su confiabilidad y por lo tanto también su seguridad.
- Distorsionan la onda de tensión en el punto acople común (barra ó subestación), es decir perjudican la operación en conjunto de múltiples usuarios y equipos.



Razones Técnicas

Efectos perjudiciales sobre los equipos/activos:

- Sobre calentamiento y/o falla por sobrecarga en transformadores, variadores, motores, condensadores, balastos de iluminación, equipos electrónicos y cables, debido a mayores pérdidas eléctricas por efecto térmico I^2R y efecto piel en conductores; histéresis y corrientes Eddy en transformadores y motores; secuencia negativa en los motores.
- Bajo factor de potencia del conjunto variador de velocidad - motor eléctrico.
- Disparo inesperado o mal funcionamiento de fusibles, circuit breakers, interruptores, relés.
- SCADA & PLC I/O cambios de estados, operación errática.
- Funcionamiento erróneo de equipos que requieran un adecuado “cruce por cero” de la onda de tensión.
- Corrientes elevadas en el neutro.



Razones Técnicas

Sobre costos y efectos perjudiciales sobre la operación/producción:

- Pérdidas de producción por tiempo de inactividad y recursos irrecuperables por paradas imprevistas.
- Mayor consumo de energía activa por: Pérdidas eléctricas I^2R y efecto piel en conductores; histéresis y corrientes Eddy en transformadores y motores; secuencia negativa en los motores.
- Envejecimiento prematuro del equipo. Mayor Opex.
- Pérdida de seguridad, pues los dispositivos de protección pueden no operar debidamente en el momento requerido.
- Menor rendimiento y mayores productos defectuosos por fallos de funcionamiento en comparación con las condiciones nominales.
- Problemas o fallas en procesos de soldadura.
- Corrientes elevadas en el neutro con disminución de seguridad y riesgo para operadores.



Razones Técnicas

- Los Activos Físicos que contienen componentes eléctricos-electrónicos son de los más complicados de mantener, debido a la complejidad de predecir sus fallas y por eso se llaman “Fallas Ocultas”. Si bien podemos tener indicadores propios del equipo como el MTBF (Tiempo Medio Entre Fallas), se trata de un valor estadístico, que nos dice que si tenemos un número X de componentes similares, luego de que falle el primero, cuanto tiempo pasará para que falle el siguiente equipo, el problema es que no sabemos donde se ubicarán o cuales serán. Aún así es muy importante que este indicador sea el mayor posible y contar con energía de calidad
- Algunos fabricantes como la alemana Puls (Fuentes de alimentación), basados en la alta calidad de sus productos, están garantizando un tiempo de vida mínimo para sus equipos, tomando como base a las condiciones nominales de trabajo para los cuales han sido diseñados, con periodos tan altos como 10 años.



Beneficios

- Incremento de la confiabilidad y seguridad del sistema, al amortiguar el riesgo de fallas por causas asociadas a fenómenos armónicos.
- Importantes gastos evitados por reducción de: Paradas no programadas -Downtime, pérdidas de producción y remediación de accidentes o fallas intempestivas.
- Adecuada vida útil de equipos. Menores costos de capex (reposición de activos) y opex (operación y mantenimiento).
- Adecuada corrección y mejora del factor de potencia. Evita incrementar continuamente los pasos de los bancos de condensadores.
- Responsabilidad social empresarial. Al no afectar a otros usuarios conectados al mismo punto eléctrico.



Justificación Económica

“Si no se vincula a la estrategia del proceso completo de mantenimiento con la de conducción de valor económico, este se convierte en el principal acumulador de gasto”



Justificación Económica

- El desempeño financiero en las organizaciones ha sufrido cambios propios del "Aprendizaje de Auto-sostenibilidad Económica" . En este mismo sentido, ahora, en vez de preocuparse por el costo futuro en función del tiempo TVM o Valor del Dinero en el Tiempo, han enfocado su esfuerzo en el Factor de Recuperación de Capital o CRF, ya que más allá de que los activos hayan cumplido su ciclo de vida técnico-contable, aún son capaces de seguir creando valor, más allá de todos los principios de las Normas. Ello, tiene dos efectos inmediatos:
 - 1. Maximizar Valor Económico.
 - 2 Reducir las inversiones de Capital.

Hoy ninguna organización, está dispuesta a reemplazar activos solo basado en principios, cálculos, o estándares, sino es en el Valor Económico, que estos puedan crear para el Accionista, La Organización, y el Empleado.



Justificación Económica

- La optimización de la Calidad de Energía, en base a normas IEEE como la 519-2014 y la ISO50000, está orientada a mantener el proceso operando, a un costo óptimo y eficiente del consumo de energía, pero sobretodo con el objetivo de maximizar el UPTIME que es la disponibilidad de los equipos operando o cuando están en contacto con el producto, que es el único momento cuando los activos generan valor económico, lo que permite que la producción se logre de acuerdo a lo planeado. Es decir el Costo de Oportunidad Operacional o COO.
- La implementación de medidas para asegurar la calidad de la energía, genera valor económico sostenible, pues permite la optimización del desempeño de los activos ó APO y el UPTIME, así como en términos de Costos Evitados y Optimización de Costos. Pues permite establecer escenarios para minimizar los costos “No Planificados de mantenimiento” (No Plan) en términos de COPQ (Costo de la baja calidad de la producción) y el DFTC (Costo Real de la Falla).
- Entendiéndose por “Costo No Plan” a todo efecto de gasto fuera del plan o presupuesto inicial de operación y mantenimiento. Ejercitando "Análisis Causa Raíz" se promueve la creación de valor desde la Confiabilidad, en vez de tratar de forma estática y reactiva las fallas eléctricas, y/o estimar sus medias aritméticas, pues, una vez ocurridas estamos "Destruyendo Valor" e igual de perjudicial perdiendo la posibilidad de prever el Costo Futuro.



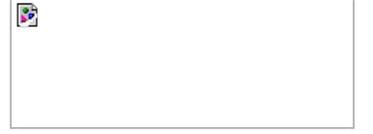
Justificación Económica

- En el caso de que un equipo falle, por efecto de la Mala Calidad de Energía, entonces es un costo “No Plan” (no presupuestado) y su efecto se llama DFCT (Costo Real de la Falla), que involucra todo el gasto realizado para remediar la falla.
- Optimización del "Costo de Oportunidad del Riesgo Operacional". Es decir, se reduce el riesgo de que el proceso deje de producir o generar valor económico, debido a un corte del fluido eléctrico "Blackout" no programado y por causa propia.
- Reduce la probabilidad de tener “Costo de la baja Calidad” o COPQ, es decir que disminuye la posibilidad de que lo se haya gastado en producir (materias primas, energía, personal), al final no sea adecuado o sea rechazado por el cliente, debido a un defecto causado por un problema eléctrico. Caso típico son las fallas en la soldadura en todo proceso metalmecánico.
 - **El Impacto Económico total de una falla sería: US\$ COO + US\$DFCT + US\$ COPQ**
- Recuerde: No hay forma de evitar todas las fallas. Solo de amortiguar su efecto.



Justificación Económica

- Ahorro económico en términos menor consumo de potencia activa debido a la reducción de armónicos de tensión: Sobre la base de la experiencia profesional, el ahorro en pérdidas armónicas en cables y cargas de transformadores se estima entre un 50% -100% de la corrección del THDv (%). Si el THDv (%) mejora de 9% a 3%, el ahorro se estima en 3% de la potencia activa.
- Menor capex/opex:
 - Por no tener necesidad de incrementar continuamente los pasos de los bancos de condensadores.
 - Evita tener penalidades económicas por bajo factor de potencia.
 - Evita tener que sobredimensionar activos, como los conductores eléctricos.



¿Cuáles son las normas y qué dicen?

- Norma técnica peruana
 - 3% THDv - Media y alta tensión. (Distribuidores)
 - 8% THDv - Baja tensión. (Usuarios finales)
- IEEE519 - 2014: Requiere interpretación.
- EN50160 6%-5th, 5%-7th, 3.5%-11th, 3%-13th / THDv <8%
- IEC61000-2-4: Cl.1 THDv <5%; Cl.2 THDv <8%; Cl.3 THDv <10%
 - Clase 1: Entorno industrial destinado a la energía. Suministro a unidades electrónicas sensibles.
 - Clase 2: Ambiente industrial normal. Límites usuales para redes públicas.
 - Clase 3: Entorno industrial deteriorado. (En general debido a la presencia de electrónica de potencia). No Adecuado para la alimentación eléctrica a unidades sensibles.

Límites en Corriente IEEE 519-1992

Isc/IL	TDD (%)
<20	5
20-50	8
50-100	12
100-1000	15
>1000	20

TDD: Total Demanded Distortion : Distorsión Armónica Total Demandada

Isc = Máxima Corriente de Cortocircuito en el **PCC**

IL = Máxima Corriente Demandada (en Frecuencia Fundamental) en el **PCC**

Límites desde 120V hasta 69kV

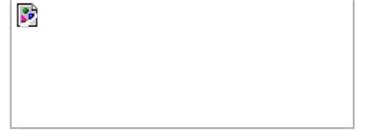
¿Qué representa el ratio I_{sc}/I_L ?

Tamaño y capacidad del sistema:

- La tinta “Azul” en el vaso representa la cantidad de VFDs.
- Agua limpia representa a las cargas lineales.
- El tamaño del recipiente representa el tamaño del sistema/transformador.

Es decir mientras mayor sea la capacidad del transformador respecto de la carga, menor es el efecto de los armónicos.





IEEE-519 Requerimientos de voltaje

TDD	Especial Aplic.*	General Sistem.	Dedicados Sistem.**
	3%	5%	10%

* Aplicaciones especiales incluye Hospitales y Aeropuertos.

**Sistemas dedicados exclusivamente a cargas no lineales de VFDs.



Preguntas frecuentes

¿Qué es IEEE-519?

- Medición en el punto de acoplamiento común (PCC) de distorsión de corriente y tensión.
- Medición de un sistema de distribución completo, no componentes individuales.
- Determina los límites permitidos de armónicos de vuelta a la red eléctrica.

Punto de acoplamiento común - PCC

- El PCC se define generalmente como el punto de conexión de utilidad / cliente. Es este punto en que se aplican los límites de distorsión actuales.
- También es el punto donde las cargas no lineales se cruzan con las cargas lineales y se utiliza para medir TDD.

¿Qué es la distorsión de demanda total (TDD)?

- TDD es una distorsión armónica de corriente calculada contra el nivel de carga completa (demanda) del sistema eléctrico. Esto se mediría en el PCC y es la suma de todas las cargas.



IEEE 519-2014



Technical Paper

Key Changes and Differences between the New IEEE 519-2014 Standard and IEEE 519-1992

Written By:
Ian Wallace, Chief Engineer – Power Quality Solutions

Introduction

IEEE Std 519-2014 is a newly published revision to the IEEE Recommended Practice and Requirements for Harmonic Control in Electric Power Systems. It supersedes the IEEE Std 519-1992 revision.

The overarching goal of the 2014 revision is the same as the 1992 version; to define the specific and separate responsibilities for each participant - utilities and users - to maintain the voltage THD within acceptable limits at the Point of Common Coupling (PCC) between the utility and the user, and protect the user and utility equipment from the negative impact of harmonics. The separate individual responsibilities are:

- User - limit harmonic currents at the PCC to prescribed levels
- Utility - limit voltage distortion at the PCC to prescribed levels by maintaining system impedance as necessary

To determine if your systems are compliant with IEEE 519-2014, use the HarmonicGuard® Solution Center at hsc.transcoil.com.

TCI, LLC | September 11, 2014 | Key Changes and Differences between the New IEEE 519-2014 Standard and IEEE 519-1992

Main Updates and Changes that may affect you

Applying Harmonic Limits at the PCC between Utility and User

The 2014 version re-emphasizes and clarifies IEEE Std 519, as written, is to be applied at the PCC – the point of common coupling between the utility and the user.

The size reduction of the document and the removal of conflicting material aids tremendously in clarifying:

- The standard is designed to be applied at the PCC
- The PCC is the point of common coupling between the utility and user

Current THD Limits at the PCC

A change was made to the Current Distortion Limits table to document what has been practiced in the field for many years – limiting the assessment of harmonic currents up to a maximum of the 50th harmonic. This is accomplished by clearly stating in Table 2 of IEEE Std 519-2014; the maximum individual harmonic range is 35th<h<50th.

Voltage THD Limits at the PCC

Table 11-1 Voltage Distortion Limits in the 1992 version was updated (Table 1 in the 2014 version) with the addition of a new voltage range and limits.

A new lower PCC voltage range of V<1.0kV was defined with higher allowable harmonic voltage limits: Individual Harmonic at 5% and Total Harmonic Distortion at 8%. These limits are higher than the next highest voltage range 1.0kV<V<69kV.

High Frequency Current Allowance in Low Current Distortion Systems

IEEE 519-2014 provides for an allowance of higher high-order harmonic current limits at a PCC that has

- ❑ Se definen responsabilidades separadas entre Usuario y Distribuidor:
 - ❑ Distribuidor: Garantizar la distorsión en tensión.
 - ❑ Usuario: Garantizar la distorsión en corriente.
- ❑ Se ratifica que la norma está aplicada al PCC.
- ❑ La Tabla de límites de armónicos en Corriente en el PCC se especifican hasta un rango de armónicas máximo de 35th<h<50th
- ❑ La Tabla de límites de armónicos en Tensión en el PCC incluye un Nuevo nivel de tensión V<1kV

Clik a Technical Paper sobre: “**Key Changes and Differences between the New IEEE 519-2014 Standard and IEEE 519-1992**”

TDD - IEEE519-1992/2014



TDDi 0%



TDD - IEEE519-1992/2014



<https://hgsc.transcoil.com/>

TDDi 29.5 % 👎

THDv 9.1%!!! ☠️

PCC
Punto de
acople común



Voltage	480	Vrms
Frequency	60	Hz
Transformer	1000	kVA
Transformer Z	5.75	%



THDi 35%

THDi 80%



30%

30%

40%

TDD - IEEE519-1992/2014



<https://hgsc.transcoil.com/>

TDDi 17.10% 😞

THDv 5.2% 😞

PCC



HARMONICGUARD®
PASSIVE



THDi 5%



THDi 35%



THDi 35%

Voltage	480	Vrms
Frequency	60	Hz
Transformer	1000	kVA
Transformer Z	5.75	%
I_{SC}/I_L :	19.8	



15%

15%

30%

40%

TDD - IEEE519-1992/2014



<https://hgsc.transcoil.com/>

TDDi 12.00% 👍

THDv 3.6% 👍

PCC



HARMONICGUARD®
PASSIVE



THDi 5%



THDi 35%



30%

30%

40%

Voltage	480	Vrms
Frequency	60	Hz
Transformer	1000	kVA
Transformer Z	5.75	%
I_{SC}/I_L :	19.8	



Enter Power System Information

1 Transformer Primary

Enter Data (optional)

Voltage: kVrms

Short Circuit Current: kArms

2 Transformer Secondary

Voltage: Vrms

Frequency: Hz

Transformer: kVA

Transformer Z: %

3 Secondary Correction Target

Harmonic Correction:

Desired iTDD: %

IEEE-519:

Power Factor Correction:

4 Non-Linear Loads (20 max)

Qty	Rectifier Type	HarmonicGuard Drive Applied Passive Filter	VFD HP	Drive Internal Impedance		KDR Line Reactor	% Load	
				% DC Choke	% AC Line Reactor			
1	6 Pulse Diode	HGP (5%)	300				100	<input type="button" value="Delete"/>
1	6 Pulse Diode	None	300	0	0	3	100	<input type="button" value="Delete"/>

Add Non-Linear Load

5 Linear Loads (10 max)

Qty	Load Type	Rating		PF	% Load	
		HP	kVA			
1	Motors	400		0.8	100	<input type="button" value="Delete"/>

Add Linear Load

Calculated Solution

Corrective Current Required

Select Active Filter Current Rating

Custom Active Filter Current Rating

Secondary Correction Data

iTDD with Selected Filter: 12.0% I_{sc}/I_L : 19.8

vTHD with Selected Filter: 3.6% Desired iTDD: 5.0%

-- iTDD Non-Compliant --

Power System Electrical Quantities

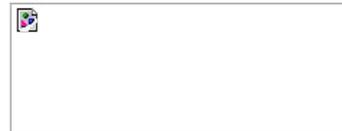
	Baseline System Without Active Filter	With Active Filter at 0A	With Corrective Current at 404.3A
Total RMS Current	1062.7	1062.7	988.3
Fundamental Current	1055.1	1055.1	987.0
Harmonic Current	127.1	127.1	49.4
iTDD%	12.0	12.0	5.0
Reactive Current	372.8	372.8	0.0
vTHD%	3.6	3.6	1.4
kW	820.6	820.6	820.6
kVAR	327.5	327.5	41.0
kVA	883.5	883.5	821.6
Displacement Power Factor	0.94	0.94	1.00
Distortion Power Factor	0.99	0.99	1.00
Total Power Factor	0.93	0.93	1.00



Consideraciones prácticas

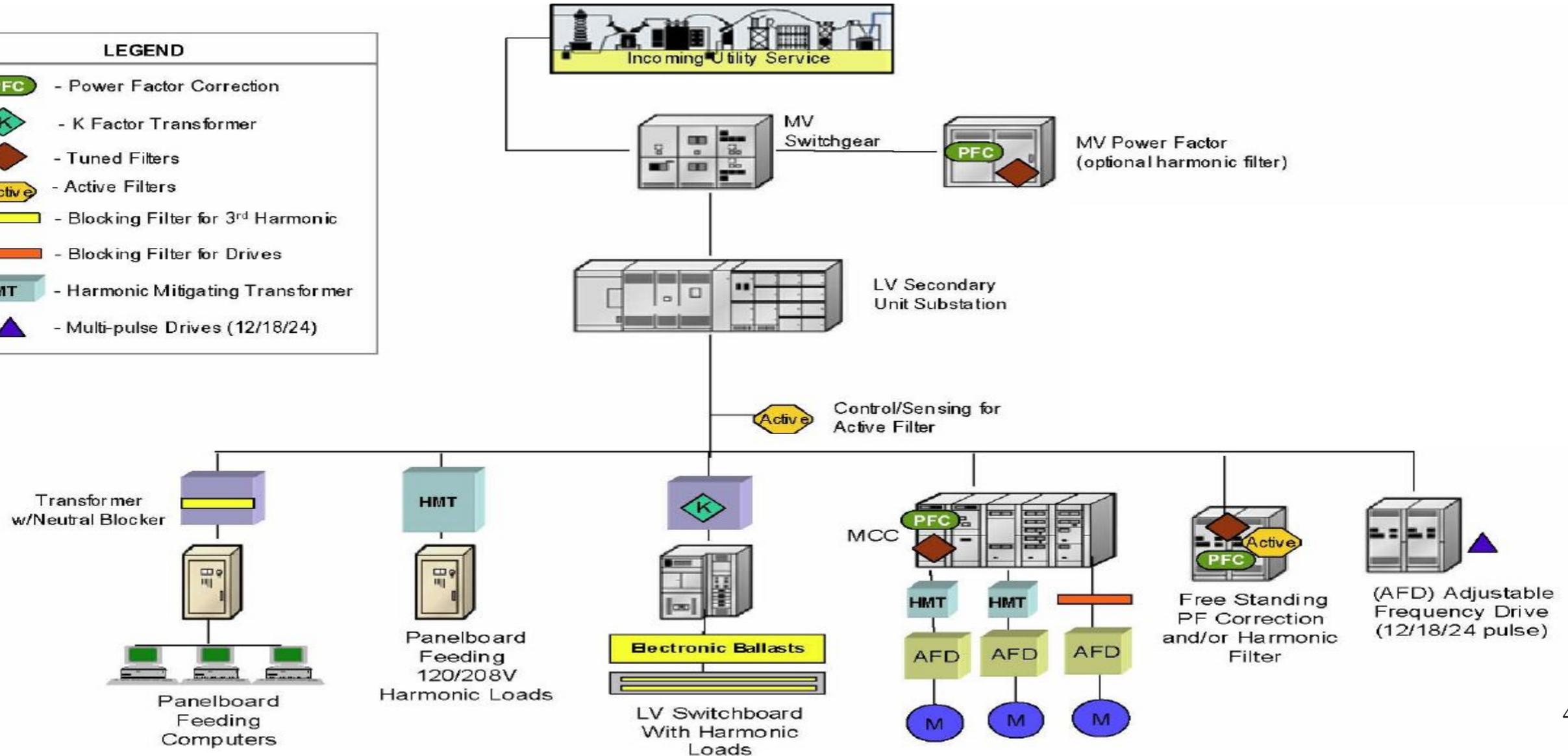
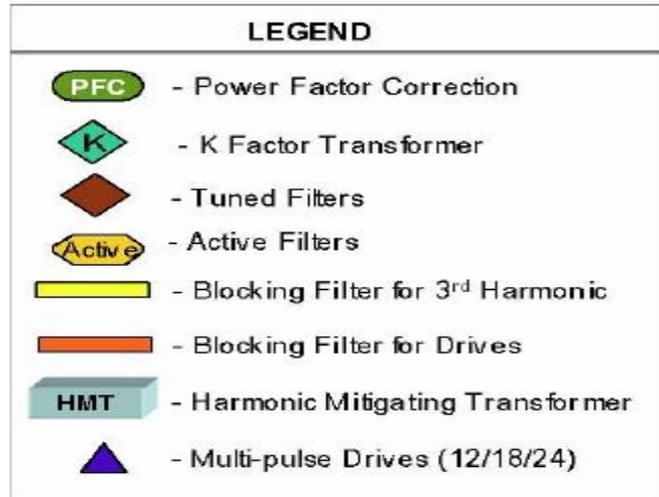
- Un THDv inferior al 5% se considera tolerable*.
- Un THDv entre 5% y el 8% aún cumple con la norma nacional y la EN 50160, pero revela una contaminación armónica considerable y es posible que se produzcan fallos de funcionamiento. Se requiere una evaluación de la posible implementación de dispositivos de filtrado.
- Un THDv superior al 8% revela una alta contaminación armónica: Es probable que funcionen mal múltiples equipos. Valores superiores al 10%, implican el riesgo de un colapso del sistema. Se requiere un análisis a profundidad y es indispensable la implementación de dispositivos de filtrado.
- Un valor de THDi inferior al 15% se considera aceptable*.
- Un valor de THDi de entre el 15% y el 35% revela una importante contaminación armónica: existe un riesgo de sobrecalentamiento, que implica el sobredimensionamiento de los cables y las fuentes de alimentación. Se requiere una evaluación de la implementación de dispositivos de filtrado.
- Un valor de THDi superior al 35% revela una alta contaminación armónica: es probable que múltiples equipos funcionen mal. Es indispensable la implementación de dispositivos de filtrado.

* Considerando que se cuenta con un transformador de suficiente capacidad de corto circuito en función de la carga. ⁴⁵



¿Cómo mitigar los armónicos, transitorios de baja intensidad, ruido de alta frecuencia y onda reflejada ?

Sistema de Distribución Típico



TCI - Soluciones



Reactor de Línea



HGA
Filtro Activo



HGP
with **PQconnect**

Filtro Pasivo + IoT

HARMONICGUARD®
PASSIVE



KDR



Reactancia
desintonizada



PF₁Guard™

Banco de condensadores UL



KDR
Reactor a la Salida

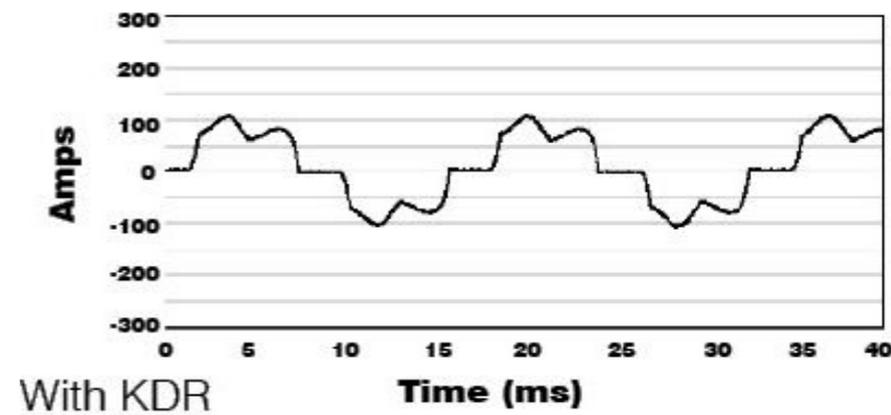
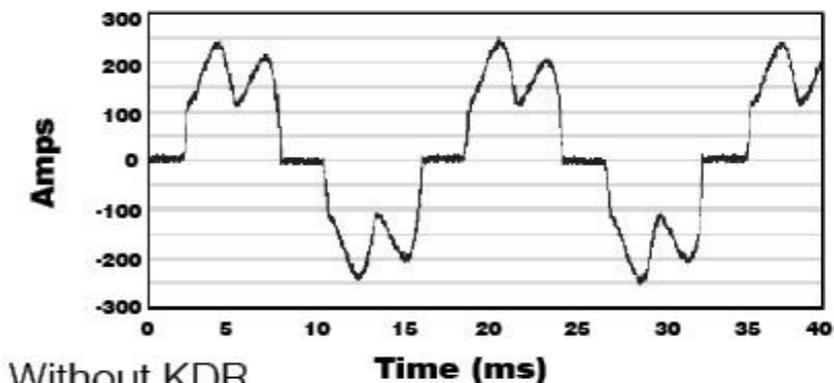
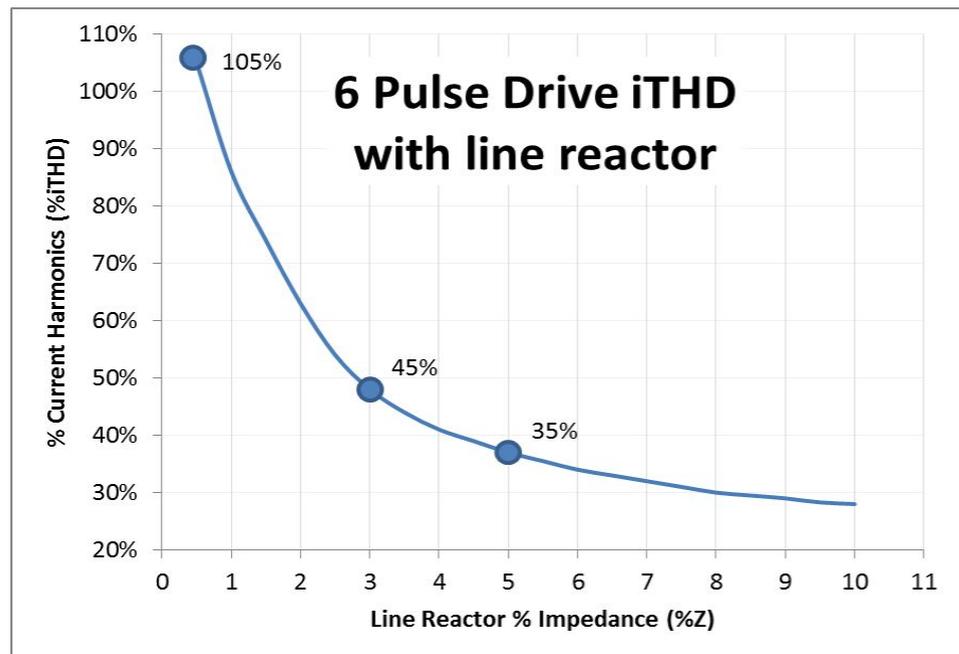


VK
Filtro DV/ DT



KMG
Filtro de onda senoidal

Reactores de línea



Doble Prósito:

1. Mitigación Armónicos.
2. Bloqueo de Transitorios.

Doble Beneficio:

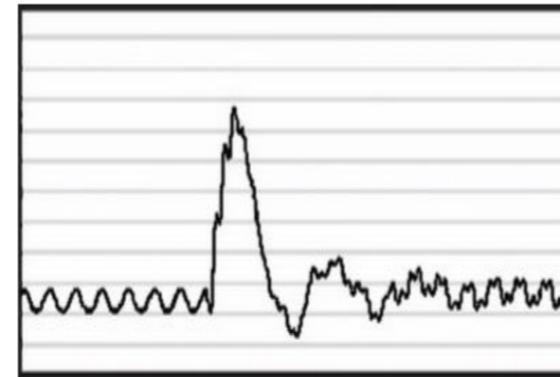
1. Impedancia – Rechaza altas frecuencias y los cambio bruscos en la forma de onda AC.
Opciones de Impedancia – 3%, 5%, 10%
2. Prologa la vida de los componentes del Drive



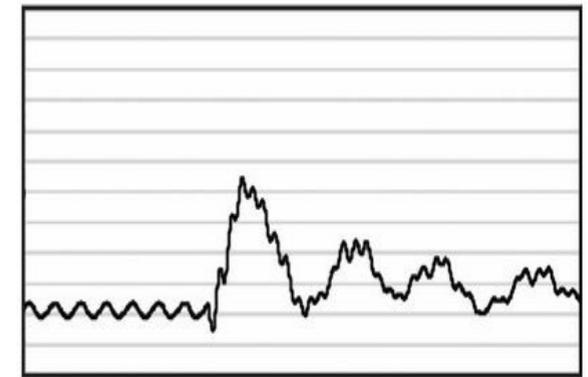
Bloqueo de Transitorios



Voltage Before KDR



Voltage After KDR



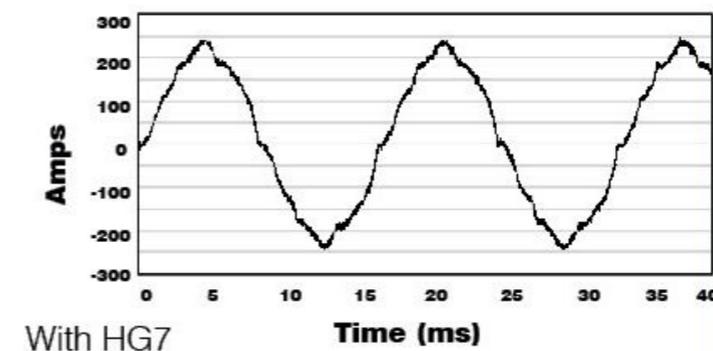
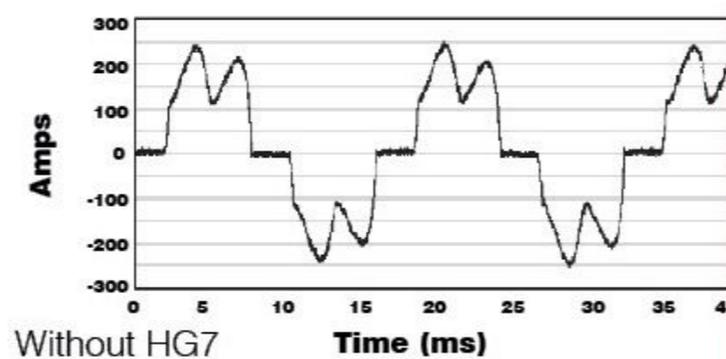
Los reactores de línea, adicionalmente con la disminución directa del armónico de corriente, protegen los diodos y condensadores del VFD del dañino efecto de los transitorios de bajo nivel, que ocurren regularmente en una instalación.

Este tipo de transitorios ocasionan:

- Disminución significativa del Ciclo de vida del equipo, por sobrecarga, sobrecalentamiento, estrés mecánico.
- Disparo imprevisto y pérdida o continuidad del ciclo de producción
- Fallas críticas de equipos.

Filtro pasivo de armónicos

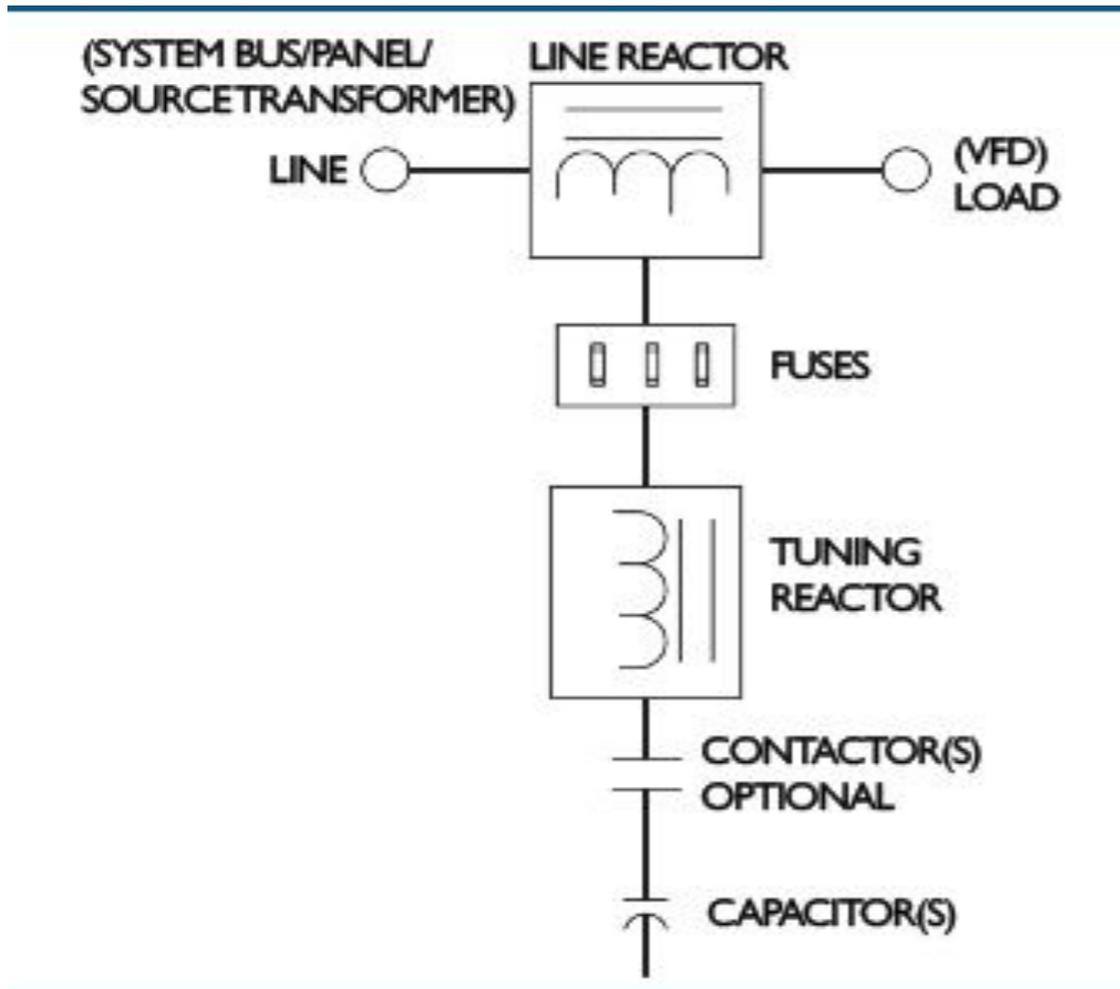
HARMONICGUARD[®] **PASSIVE**



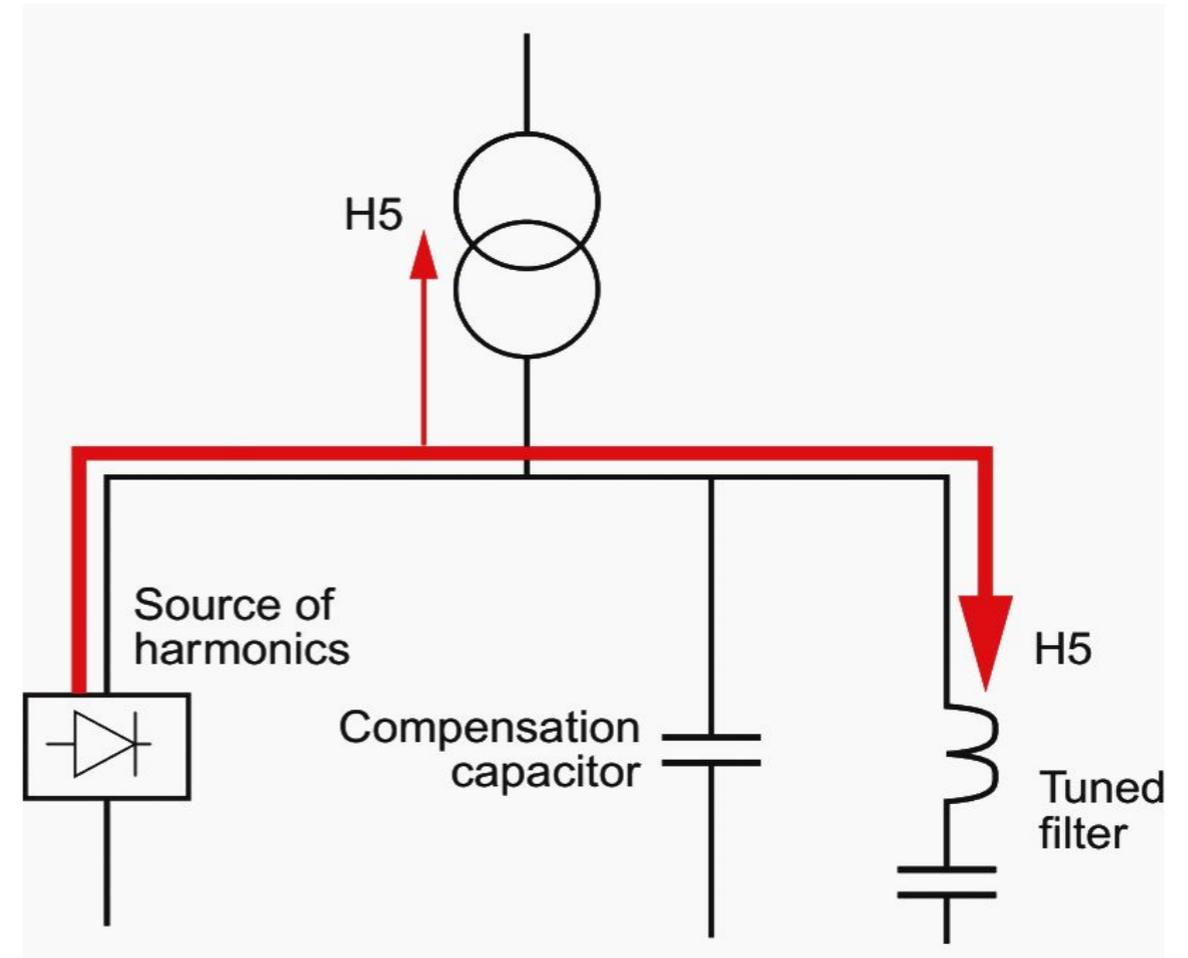
HGP - Filtro pasivo



Esquema eléctrico estándar



Sentido de flujo de corriente armónica

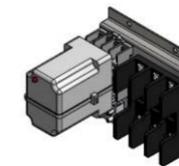


HGP componentes estándar Nema 1



KDR Series Line Reactor

L1, L2, L3 Input
T1, T2, T3 Output to VFD



Circuit Protection (Optional Fuse Monitor)

KTR Tuning Reactor

Input Connected to output terminals of Reactor
Output Connected to Isolation Contactor

Isolation Contactor

Input from KTR Reactor
Output to Capacitor

Capacitors

Disconnected when Isolation
Contactor in Open State or VFD in
Off Condition

CPT

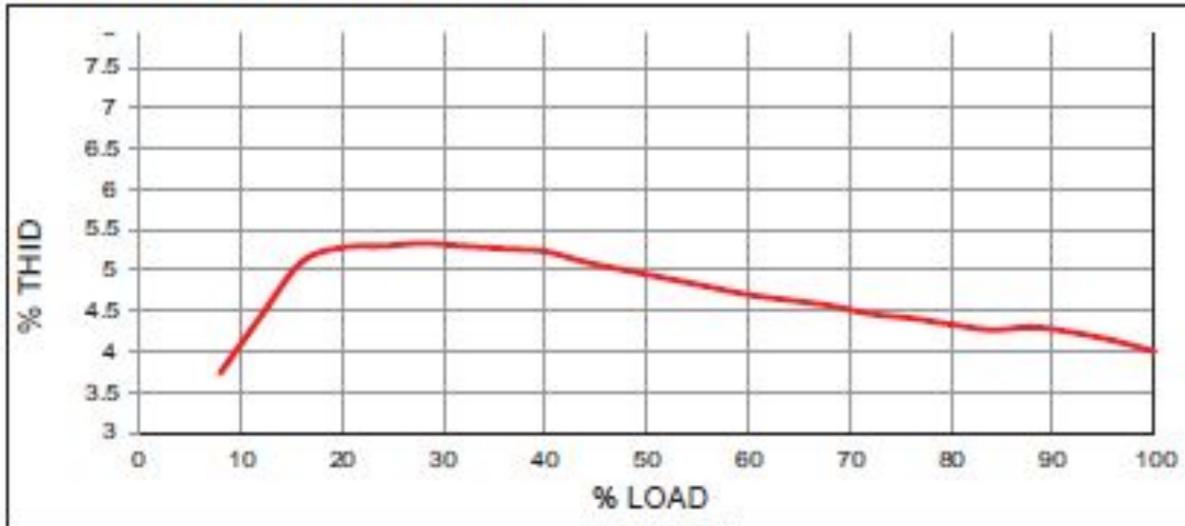
Supplies 120V to Coil of
Isolation Contactor thru N/O VFD Aux Contact

HGP - Filtro pasivo

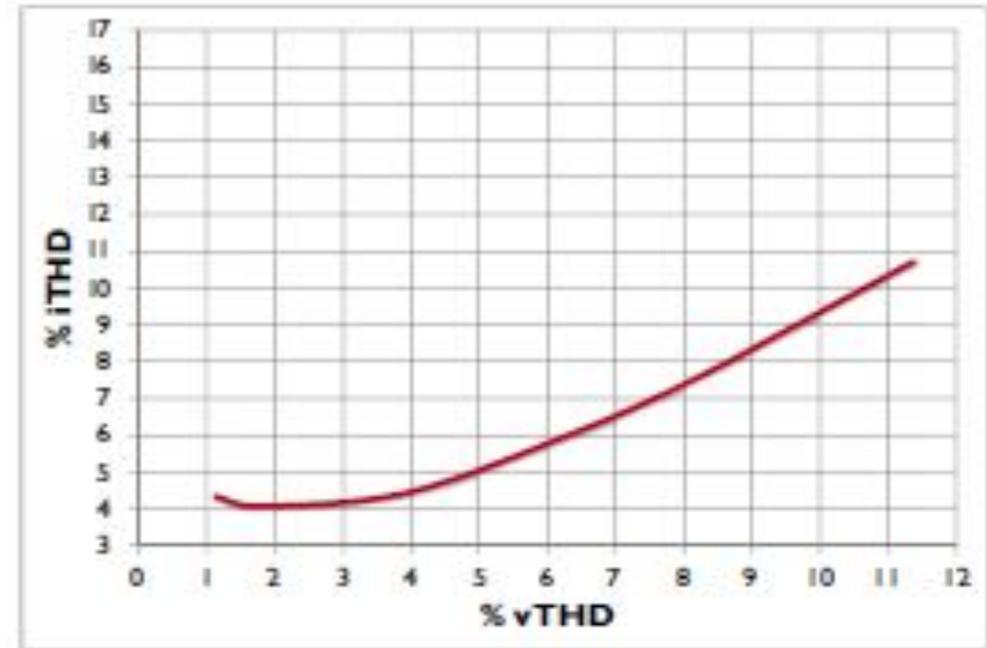
Corrección del THDi en función de la carga

Corrección del THDi en función de distorsión THDv pre-existente

% THID vs. % Load



At standard test conditions of 1.5% source impedance and a VFD with 3% line reactance at full load, the HGP with PQconnect will provide 5% or lower THID at 50% of load.



Opciones



HARMONICGUARD® **PASSIVE**



Kit



Open Panel



Nema 1



Nema 3R

IoT con PQ-Connect

HGP
with **PQconnect**



PQ-Connect, es el nuevo dispositivo para los filtros HGP, que permite hacer la conversión a filtros inteligentes.

El filtro proveerá información en tiempo real al sistema de adquisición de información, por ejemplo un SCADA, mediante de comunicación remota (Hoy disponible Modbus RTU).

Filtro pasivo de armónicas HGP 25HP con contactor de aislamiento y PQ-Connect

IoT con PQ-Connect

Mediciones disponibles:

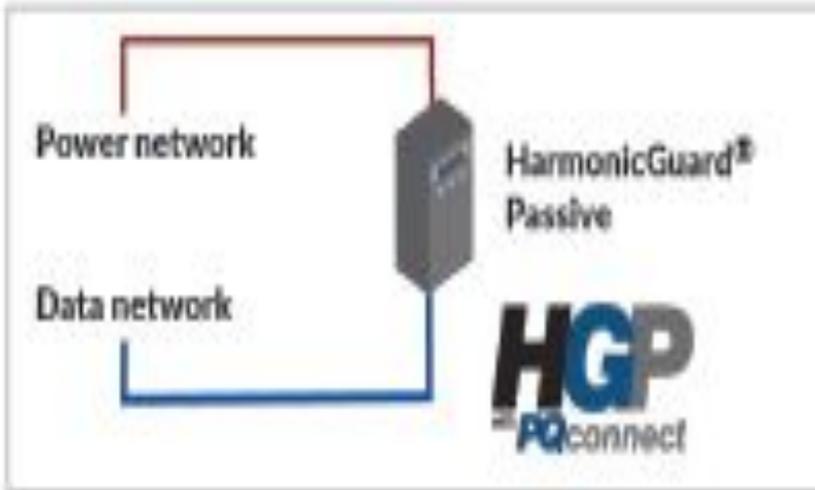
- Voltaje/Corriente del filtro a la entrada y a la salida
- THDi%
- THDv%

Detección de alertas en el filtro:

- Baja sintonía en el circuito de los kVAR a través de la detección de la corriente en el circuito de sintonía.
- Inyección excesiva de KVAR en el sistema.
- Estado del contactor (Cuando el filtro está equipado con contactor).
- Estatus de los fusibles.



IoT con PQ-Connect

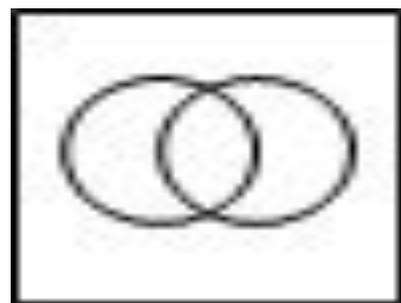
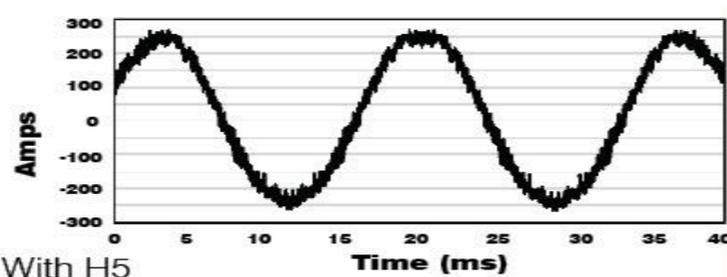


Filtro Activo HGA Autosoportado - CCMs

HGA



Filtro de armónicos activo

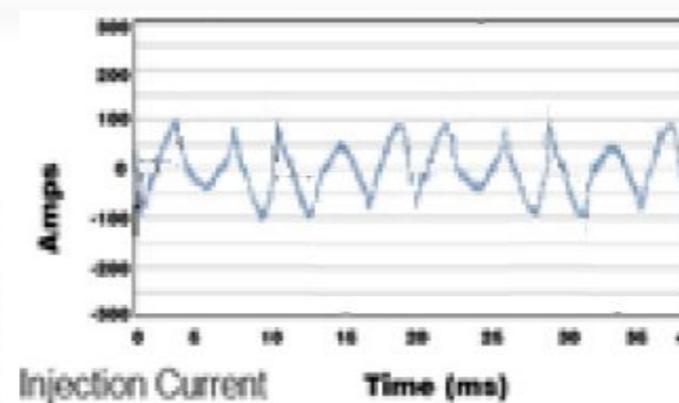


Fuente
480V
3-Phase

Corriente de Alimentación

Trafo corriente

Corriente de carga



Cargas distorsionantes

Filtro Activo

HGA



Inyección de corriente por parte del filtro activo



Capacidad y módulos

Rated In Corrective Amps

- 50 Amp
- 100 Amp
- 150 Amp
- 200Amp
- 250 Amp
- 300 Amp
- Larger sizes available





Especificaciones Eléctricas & Ambientales

- Voltage ratings:** 208V-600V, 3 ph, 60 Hz, three wire systems
- Operating Frequency:** 55 Hz to 65 Hz
- Efficiency:** > 98%
- Harmonic Reduction:** $\leq 5\%$ ITHD (Full Load)
- Response Time:** 2-3 cycles; 8ms.
- Over current protection:** Internal circuit breaker for protection of the converter section of the active filter
- Agency Approvals:** UL and cUL Listed to UL508
- Enclosure Options:** Open Chassis; MCC, NEMA 1, NEMA 3R

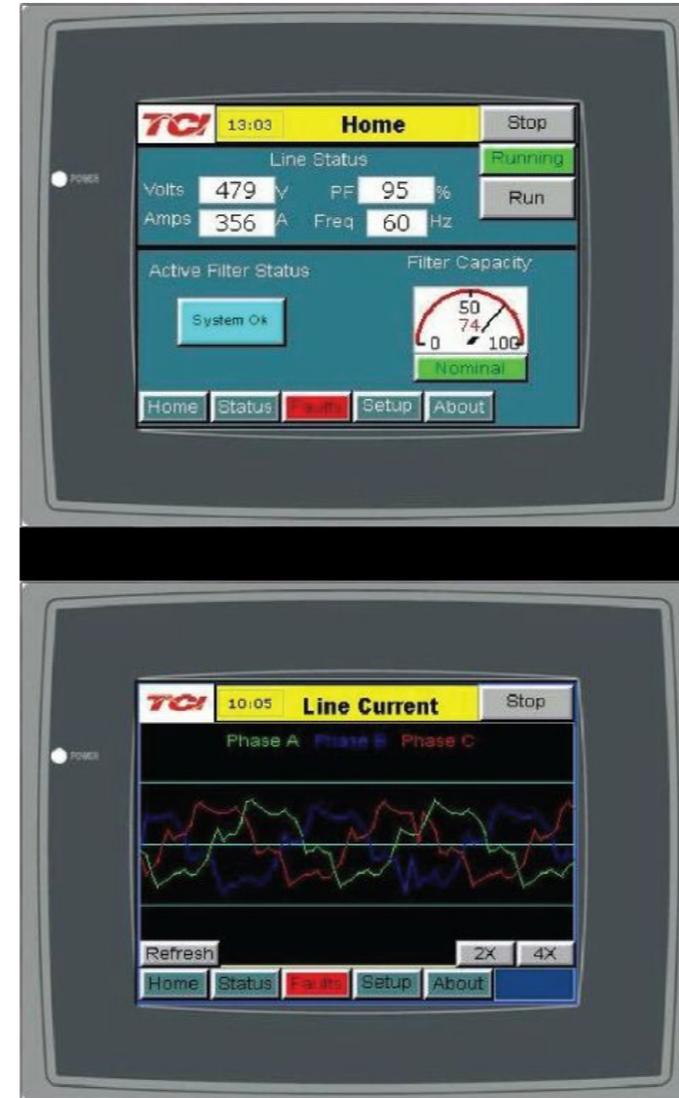
Beneficios & Características



- ❑ Módulos desde 50 hasta 500 amperios para sistemas más grandes
- ❑ UL 508 Certificación. Sin SCCR requerido por las normas UL para el filtro.
- ❑ Factor de potencia cerca la Unidad.
- ❑ Las unidades pueden conectarse en paralelo y sin ningún tipo de calibración
- ❑ Instalación auto-Puesta en marcha
- ❑ Cumple con IEEE-519 2014
- ❑ **Interface hombre - máquina:** Pantalla táctil HMI LED
- ❑ **Puertos de comunicación:** Modbus RTU sobre RS485, Ethernet / IP, Modbus TCP / IP y DeviceNet.
- ❑ Opción de Panel Abierto para MCC. Facilidad de integración por parte del tablerista/integrador.
- ❑ **Storage Temperature:** -20 to 60 degrees C (UL approved to 60 degrees C ambient)
- ❑ **Operating Temperature:** -0 degrees C to 40 degrees C / 50 degrees C available on selected open chassis sizes
- ❑ **Maximum Humidity:** 95%, non-condensing
- ❑ **Elevation:** 1,000m (3,300 ft.), de-rated above 1000m

HMI Operator Interface

- ❑ **6" Color Touchscreen Display**
 - RMS Current, Voltage
 - Graphs of Current, Voltage
 - THD, Power Factor
 - Unit Status and Setup
 - Alarm History
- ❑ **Relay I/O**
 - Status and RUN/STOP
- ❑ **Modbus RTU Network Interface**
 - Line and Unit Status
 - Network RUN/STOP



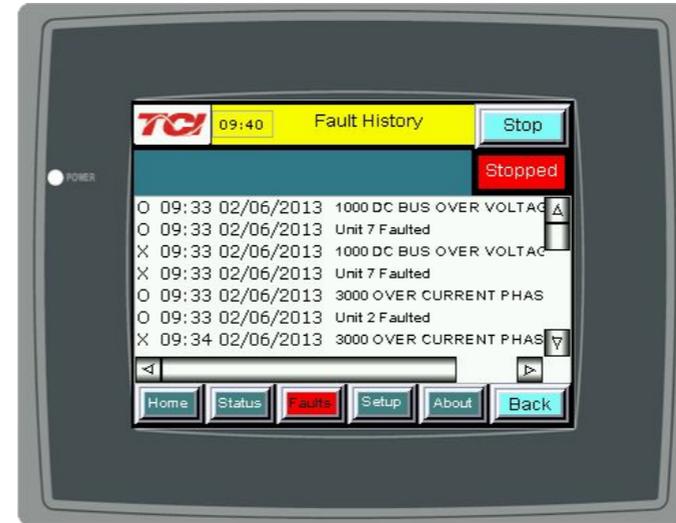
**System
Status**

**Line Current
Waveform**

HMI Operator Interface

❑ Fault History Screen

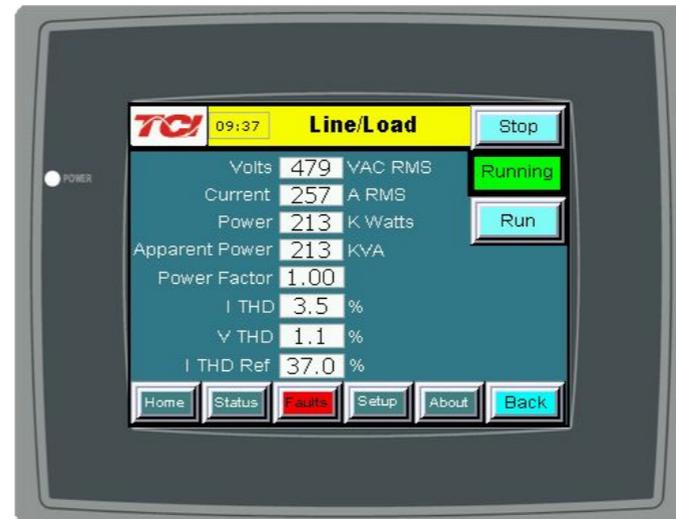
- Displays a history of up to 120 prior fault/alarm events
- Generates a time-stamped log entry for onset and clearing of a system fault
- Record persists through unit power on/off cycles



Fault History

❑ Immediate Feedback on Waveform Correction

- Displays present condition data from the source utility line (volts, current, power)
- Displays VTHD and ITHD of the source utility line
- Displays uncorrected ITHD (prior to filter running) and corrected ITHD for filter performance verification



Line Status



Optional Fieldbus/Industrial Ethernet

❑ Ethernet/IP Network Gateway

- Line and Unit Status
- Network RUN/STOP
- Supports Ethernet/IP implicit I/O and explicit CIP Messages

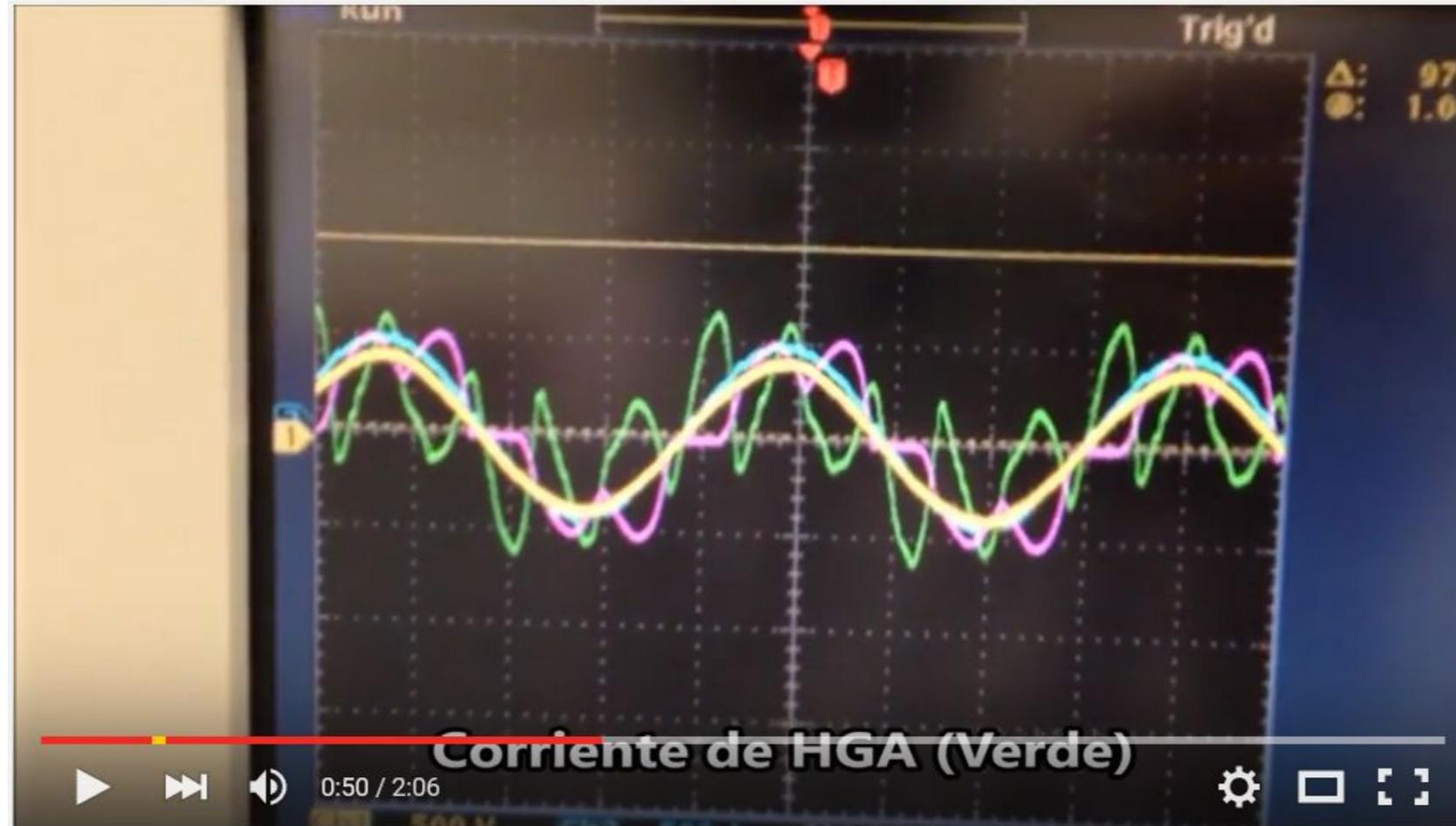
❑ Protocol Support

- DeviceNet, CANOpen
- ControlNet, Profibus
- Modbus TCP, Modbus Plus
- EtherCAT, Profinet-IO
- Other protocols TBD

Ethernet/IP Module



Video Funcionamiento HGA



Click en la imagen para redireccionar a Youtube



Comparativo

Pasivo	Activo
Se requiere uno por cada carga/variador	Se requiere uno para varios Drives en un barraje
Problemas adelantando el factor de potencia y rendimiento en baja carga. (TCI ofrece opción de filtro Pasivo HGP con <i>Contactor</i>)	Factor de potencia estable y corrección independiente de la carga.
Se puede sobrecargar si se le excede su capacidad	No se sobrecargará porque nunca va a entregar más corriente de la que tiene como nominal
Conectado en Serie con la carga/variador : Si se debe hacer mantenimiento hay que desconectar la carga	Conectado en paralelo con las cargas. Una intervención o salida del filtro no afecta el proceso ni las cargas. Facilita mantenimiento y aumenta la confiabilidad del proceso
No tiene lecturas ni interfaz hombre-maquina, es " Ciego ", no puede dar alarmas ni indicar una falla sino hasta cuando el variador se daña y se evidencia. (TCI ofrece opción de filtro pasivo HGP con <i>Monitor de Fusibles</i>)	Viene dotado con HMI y posibilidad de integración en SCADA para que se tenga posibilidad de Leer, Configurar, Estados de Alarmas, etc. Esta información se podría ver remotamente. " Ve todo "
Podría llegar a tener restricciones de funcionamiento dependiendo del tipo de cargas . Típicamente están diseñados solo para cargas no lineales, específicamente variadores de 6 pulsos.	Funciona de manera optima con cualquier tipo de carga . Corrige hasta 50 armónica.

Beneficios & Características

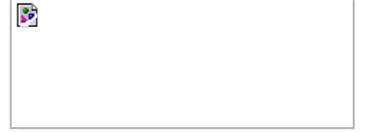


El filtro de armónicos activo Harmonic Guard HGA monitorea la corriente de carga y reacciona a los cambios en la carga de forma casi instantánea. Se inyecta contra corriente para cancelar los armónicos y sincronizar las formas de onda de corriente y tensión. Con la corrección del factor de potencia activado en el filtro, el factor de potencia real será devuelto a casi la unidad automáticamente.

Se adapta en lugares estrechos - óptimo foot print. El HGA es una solución ideal para los MCC (Centro de control de motores) pues elimina la necesidad de un filtro en cada drive, resultando en ahorros significativos por espacio y componentes.

- Footprint menor de hasta un 65% cuando se acopla con una unidad estándar de 6 pulsos, en comparación con un drive AFE.
- El HGA está conectado en paralelo por lo que una falla del equipo no detiene o apaga sus procesos.
- El funcionamiento maestro-maestro patentado de la HGA proporciona una precisión sin precedentes que no se encuentra en otros filtros activos. Se pueden conectar hasta seis filtros HGA en paralelo a aumentar la capacidad de corrección.

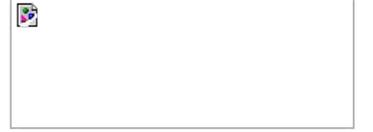
Beneficios & Características



Tecnología Digital: Todo el filtro está hecho con tecnología digital dando las siguientes ventajas:

- Mayor flexibilidad a posibles cambios en el producto. Basta con una actualización de Firmware en lugar de intervenir hardware como se debería en casos de filtros analógicos.
- Mayor precisión gracias a los dispositivos digitales.
- No requiere calibración manual, de hecho se puede autocalibrar.

Beneficios & Características



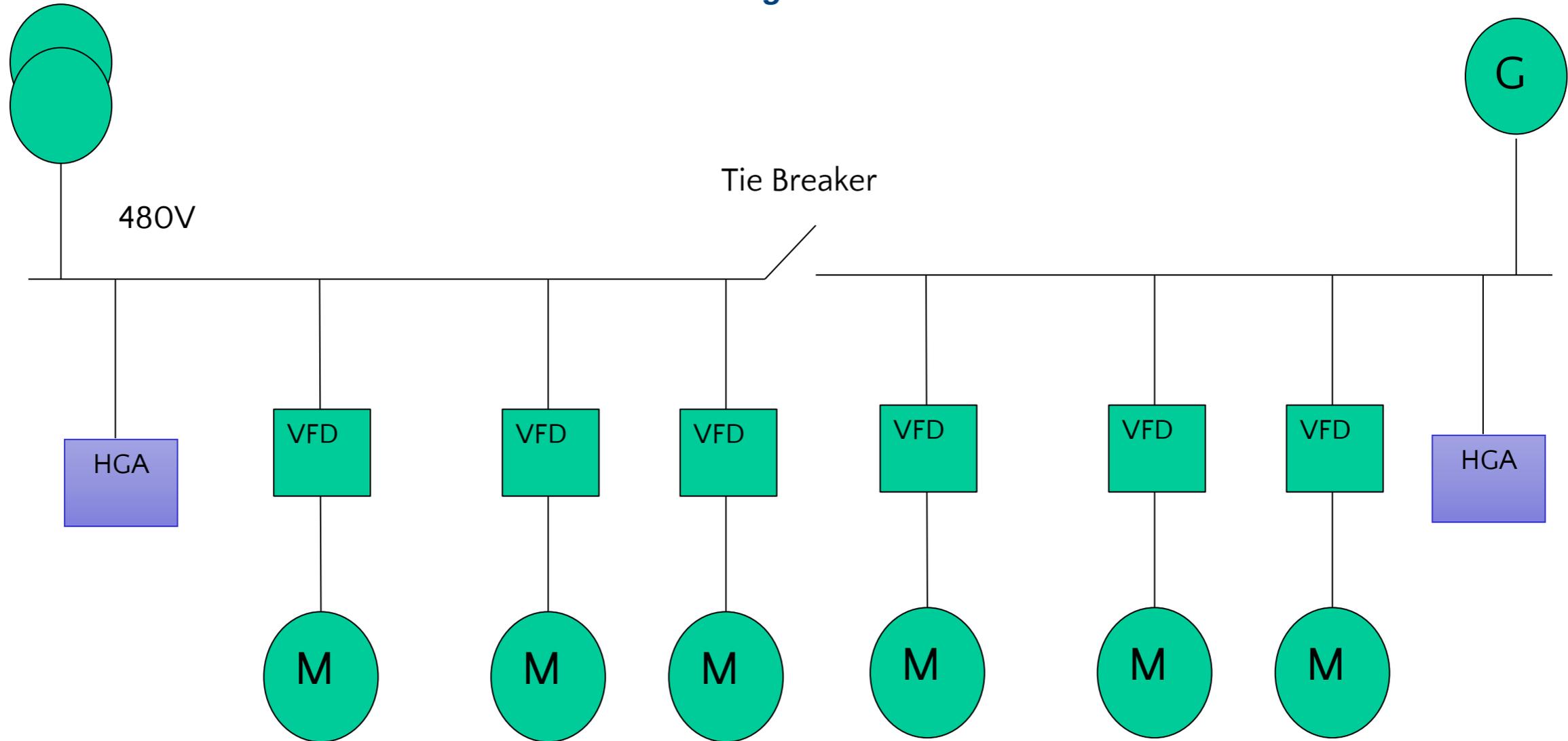
Operación patentada Master-Master:

- Cuando se usan dos o más unidades en paralelo ambas unidades mantienen su principio de control de lazo cerrado haciendo más precisa la corrección y aplicaciones especiales como por ejemplo barra partida y doble fuente de alimentación.
- Hasta 20 Filtros Activos en Paralelo.



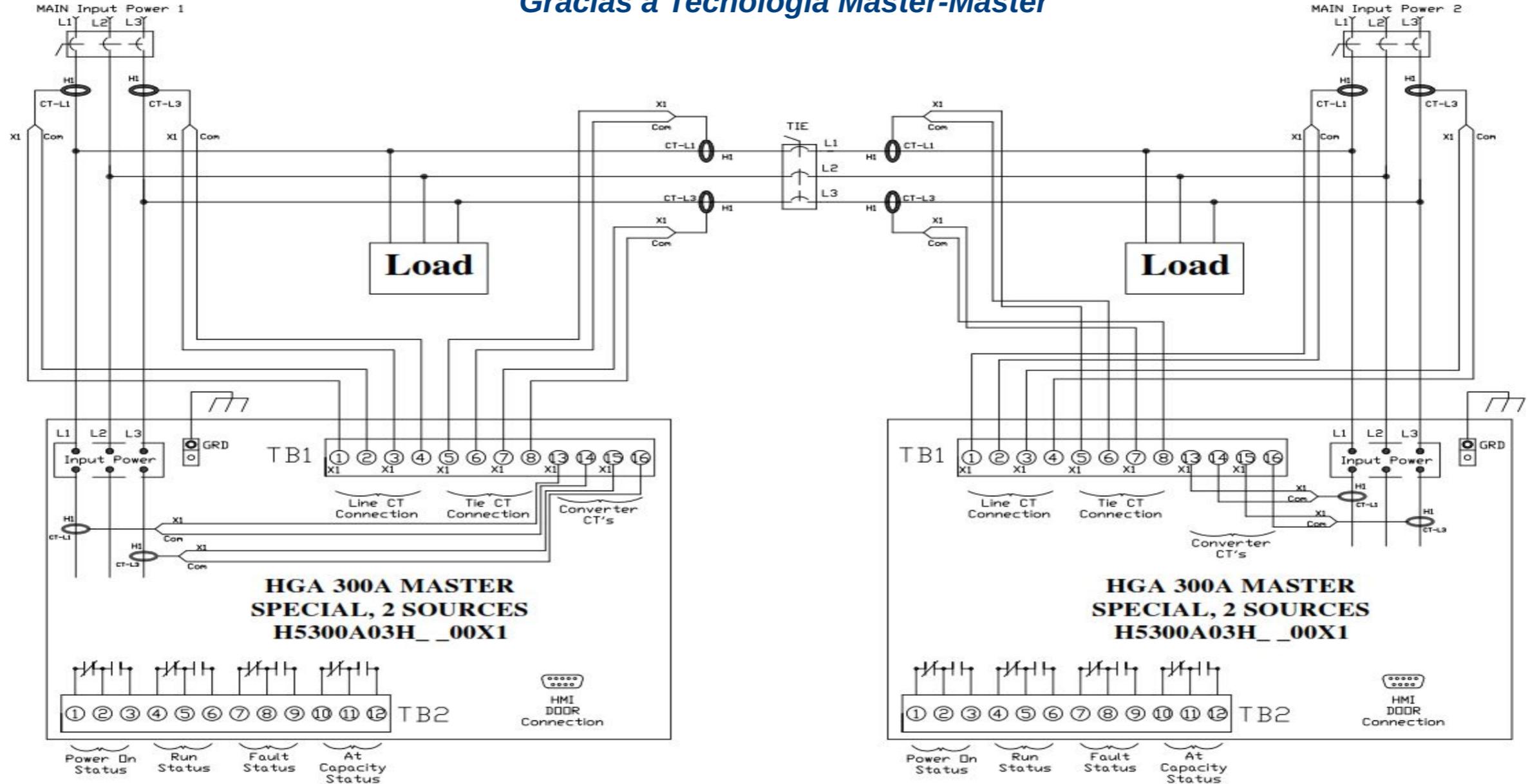
Ejemplo de aplicación especial

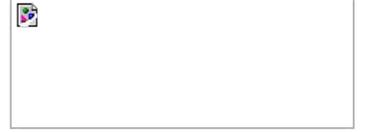
Gracias a Tecnología Master-Master



Ejemplo de aplicación especial

Gracias a Tecnología Master-Master





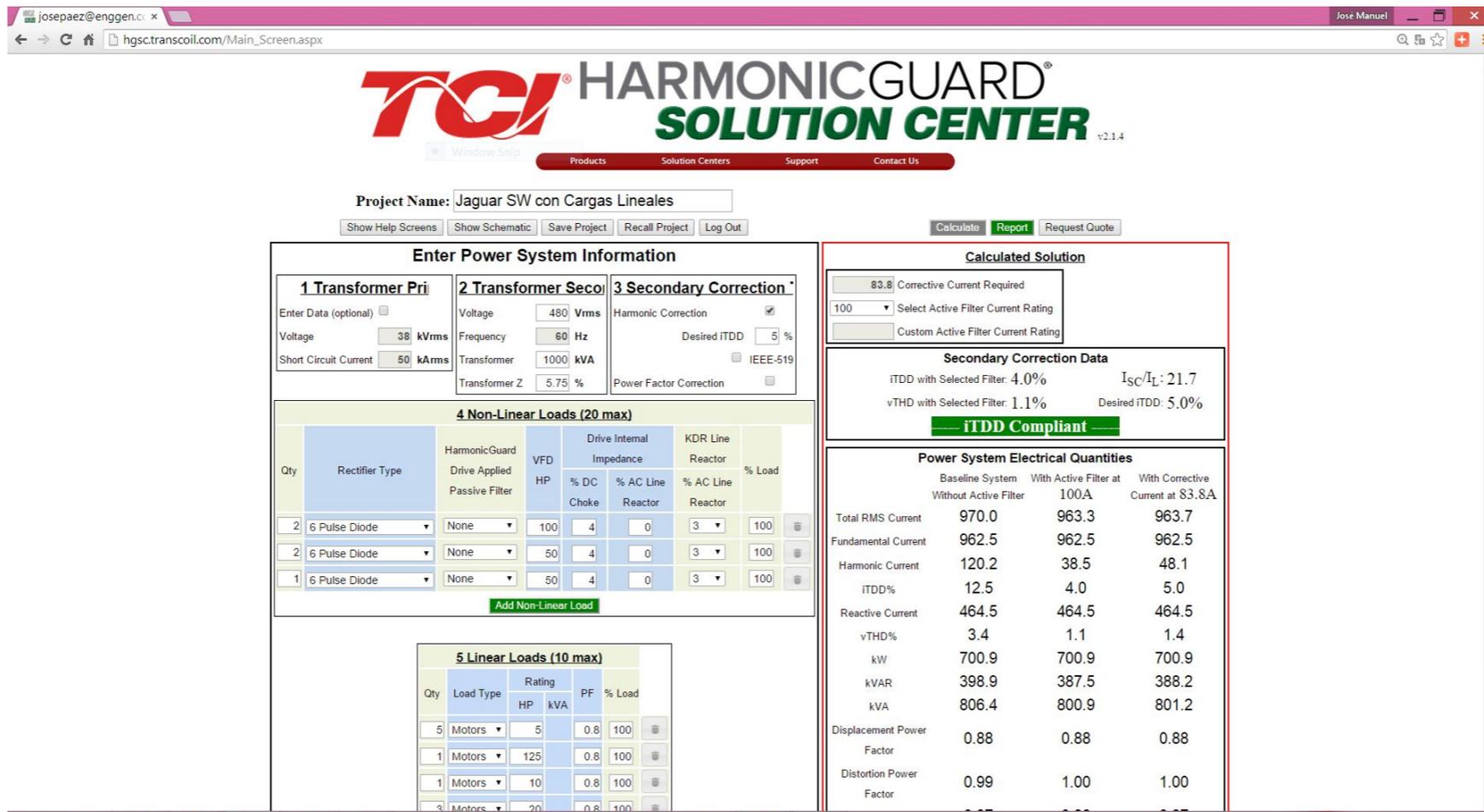
TCI

Beneficios & Características

- TCI al ser un **fabricante de toda la gama de soluciones** puede ofrecer una **solución más óptima** combinando/optimizando el HGA con los otros productos (Reactancias y Filtros pasivos)
- TCI es desarrollador y fabricante directo de TODO el filtro, NO es un equipo que fabrica o maquila otra empresa bajo marca TCI.
- TCI fabrica el 100% de los componentes en USA.
- TCI cuenta con la opción de monitorear remotamente los filtros.
- TCI es el único fabricante de filtros pasivos y activos que provee a los clientes con un software **gratuito** para selección y dimensionamiento de soluciones para cumplimiento de IEEE519.

Software de dimensionamiento

<https://hgsc.transcoil.com/>



HARMONIC GUARD SOLUTION CENTER v2.1.4

Project Name: Jaguar SW con Cargas Lineales

Buttons: Show Help Screens, Show Schematic, Save Project, Recall Project, Log Out, Calculate, Report, Request Quote

Enter Power System Information

1 Transformer Pri
 Enter Data (optional)
 Voltage: 38 kVrms
 Short Circuit Current: 50 kArms

2 Transformer Seco
 Voltage: 480 Vrms
 Frequency: 60 Hz
 Transformer: 1000 kVA
 Transformer Z: 5.75 %

3 Secondary Correction
 Harmonic Correction:
 Desired ITDD: 5 %
 IEEE-519:
 Power Factor Correction:

4 Non-Linear Loads (20 max)

Qty	Rectifier Type	Harmonic Guard Drive Applied Passive Filter	VFD HP	Drive Internal Impedance		KDR Line Reactor		% Load
				% DC Choke	% AC Line Reactor	% AC Line Reactor	% AC Line Reactor	
2	6 Pulse Diode	None	100	4	0	3	100	
2	6 Pulse Diode	None	50	4	0	3	100	
1	6 Pulse Diode	None	50	4	0	3	100	

[Add Non-Linear Load](#)

5 Linear Loads (10 max)

Qty	Load Type	Rating		PF	% Load
		HP	kVA		
5	Motors	5		0.8	100
1	Motors	125		0.8	100
1	Motors	10		0.8	100
3	Motors	20		0.8	100

Calculated Solution

83.8 Corrective Current Required
 100 Select Active Filter Current Rating
 Custom Active Filter Current Rating

Secondary Correction Data
 ITDD with Selected Filter: 4.0% $I_{SC}/I_L: 21.7$
 vTHD with Selected Filter: 1.1% Desired ITDD: 5.0%
ITDD Compliant

Power System Electrical Quantities

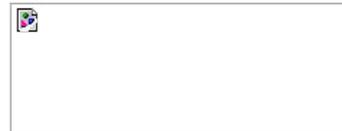
	Baseline System Without Active Filter	With Active Filter at 100A	With Corrective Current at 83.8A
Total RMS Current	970.0	963.3	963.7
Fundamental Current	962.5	962.5	962.5
Harmonic Current	120.2	38.5	48.1
ITDD%	12.5	4.0	5.0
Reactive Current	464.5	464.5	464.5
vTHD%	3.4	1.1	1.4
kW	700.9	700.9	700.9
kVAR	398.9	387.5	388.2
kVA	806.4	800.9	801.2
Displacement Power Factor	0.88	0.88	0.88
Distortion Power Factor	0.99	1.00	1.00

Click para acceder al HGSC – Software Web para dimensionar soluciones de calidad de energía.
 Libre acceso previo registro.

Reglas prácticas aplicación de filtros



- Usar el software de cálculo y dimensionamiento de TCI. Esta herramienta de uso práctico, nos permite calcular e identificar la mejor solución (combinación de tecnologías) técnico-económica, para alcanzar un nivel adecuado de distorsión armónica de tensión y corriente, en base a las normas antes descritas.
- Para variadores con potencias fraccionales y hasta de unos 30 Hp se sugiere colocar, como mínimo, un reactor de 3% a la entrada, aún cuando el variador tenga incorporado uno en el bus Dc. Esto protegerá el rectificador del variador de transitorios y disminuirá la distorsión armónica total demanda TDDi.
- Por lo general los variadores fraccionales y aquellos destinados a HVAC (Aire acondicionado, ventilación y calefacción) no cuentan con reactor en el bus dc, por lo que la colocación de un reactor de 3% a la entrada es aún más importante.
- Para variadores a partir de 40 Hp y hasta 75 Hp se debe evaluar si el uso de un reactor o un filtro pasivo, la criticidad del proceso es un punto relevante para la toma de decisión. Para variadores iguales y mayores a 100 Hp la utilización de un filtro pasivo debería ser una práctica común.
- Aquella corriente armónica que aún requiere ser mitigada luego de aplicar las prácticas antes descritas, puede ser corregida utilizando un filtro activo. Esta es la práctica más conveniente pues estos filtros son los de mayor costo de adquisición y pueden demandar ambientes con temperatura controlada por la disipación de calor que ellos generan.



Soluciones para protección de motores, cables & bancos de condensadores



Reactancia de Rechazo



- Los **bancos de condensadores** enfrentan problemas cuando son instalados en redes con alto contenido de armónicos.
- Los condensadores pueden entrar en resonancia eléctrica a cierta frecuencia armónica y amplificar las corrientes, sometiendo los condensadores a sobrecargas..
- La mejor forma de proteger los condensadores y evitar la resonancia es instalar **Reactancias de Rechazo** a cada paso del banco. Sintonizadas cerca del 4th armónico (240Hz).



“Para instalaciones donde la distorsión armónica total de tensión (THD), sea superior al 5% en el punto de conexión, los bancos capacitivos deben ser dotados de reactancias de sintonización o en su defecto se deben implementar filtros activos de armónicos.” RETIE 2013 Num 20.11

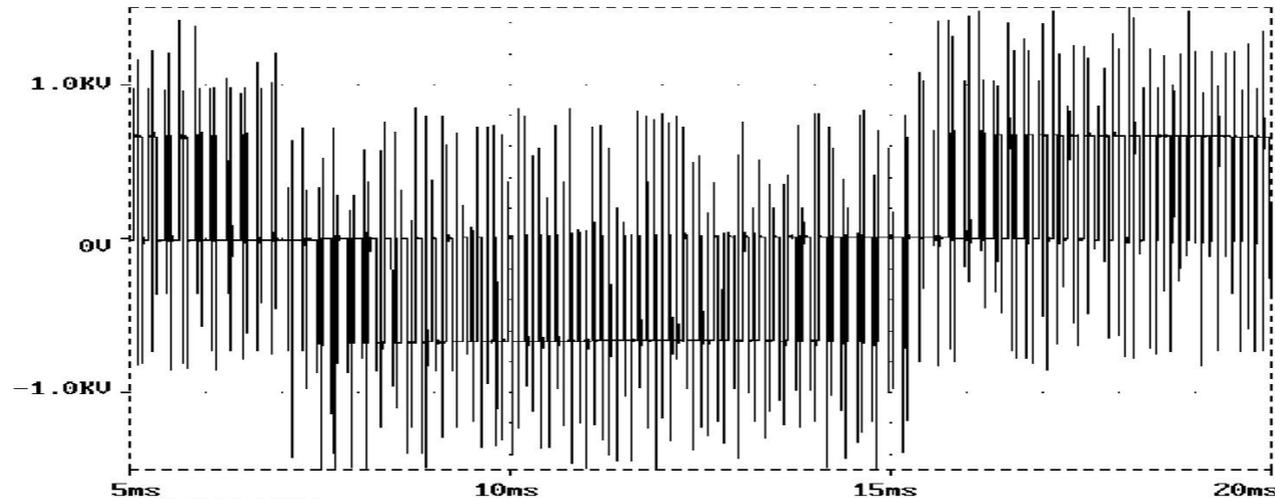
Bancos de Condensadores Desintonizados

PF₁ GuardTM

En el PF Guard un reactor desintonizado, de anti-resonancia esta interconstruido en la unidad para una protección extra contra las armónicas y para prevenir fallas en el equipo, reduciendo los costos e incrementando la vida del sistema.



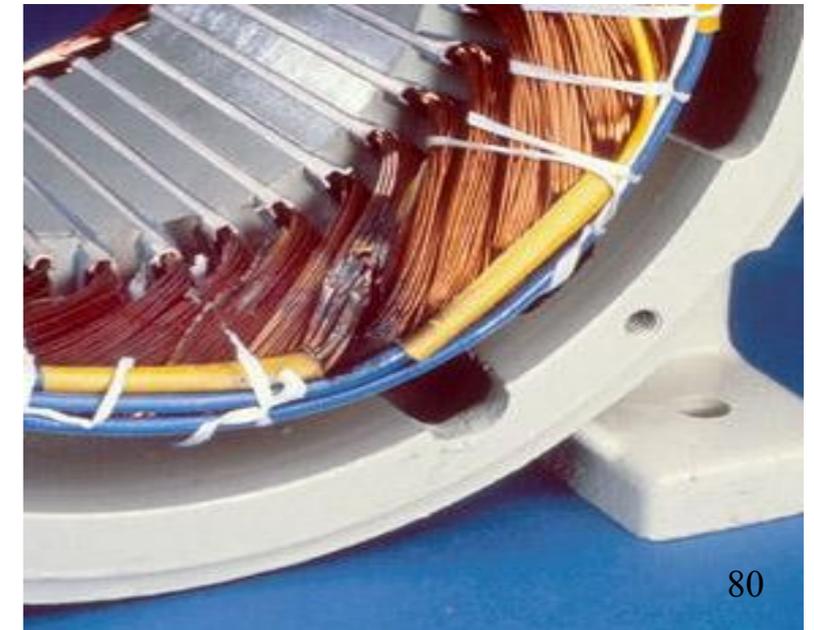
Onda Reflejada



Debido a la diferencia de impedancia entre en el VFD y el motor, las ondas de voltaje reflejan picos de voltaje crecientes hacia adelante y hacia atrás de hasta 1600+ voltios.

Según la clasificación de aislamiento de su motor, estas tensiones pico generadas por el fenómeno de onda reflejada, puede causar una falla del aislamiento y eventualmente una falla del motor. También puede causar fallas de aislamiento en los cables de alimentación del motor.

El DV/DT se ve afectado por: Longitud del cable, frecuencia portadora, impedancia del motor, tamaño y tipo de cable.



Soluciones onda reflejada



Reactancia
de Salida

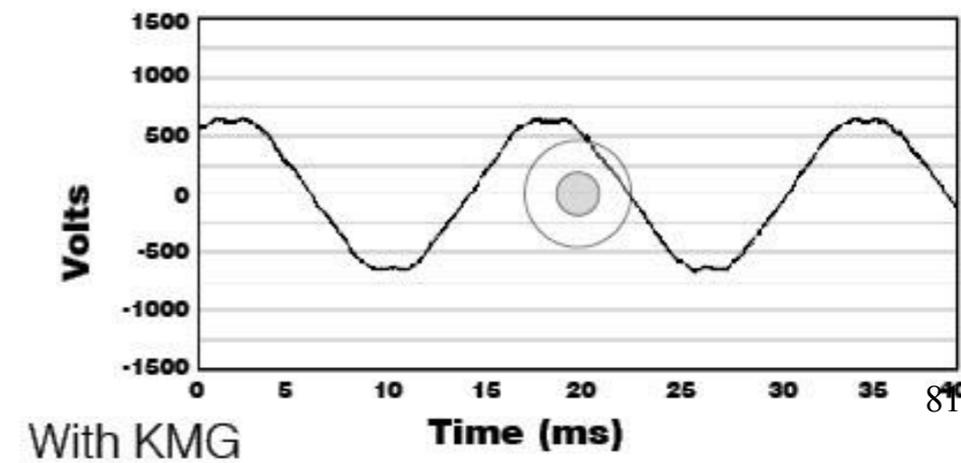
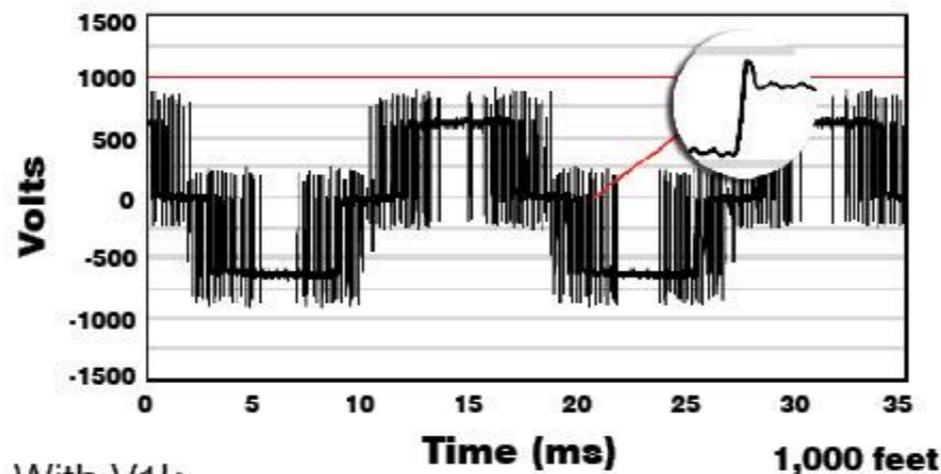
100 feet
33m

Filtro dV/dt

1,500 feet
500m

Filtro Seno

15,000 feet
5000m



Familia de Productos



Soluciones para armónicos

Reactores de línea, salida y rechazo



Soluciones de protección del motor

Filtro DV/DT



Filtro de onda senoidal

Filtro Pasivo HGP



Bancos de condensadores UL



Filtro Activo HGA



Filtro para ruido de alta frecuencia

Filtro EMC





Garantía de Productos

- Reactores de línea KDR & KLR Durante toda la vida del variador con el que están instalados.
- Reactores de rechazo KTR Cinco (5) años.

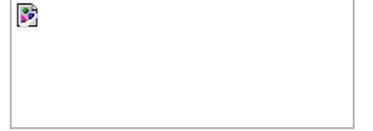


- Filtro pasivo HGP Tres (3) años.



- Filtro activo HGA y Banco PF Guard Un (1) año de servicio útil.





Contacto

Web: www.tecnoing.com

E-commerce: www.tecnoing.pe

Mail ventas: ventas@tecnoing.com

Mail soporte: soporte@tecnoing.com

Central Ventas: 01 -2725048

Celular y whatsapp atención al cliente: 933 416 168